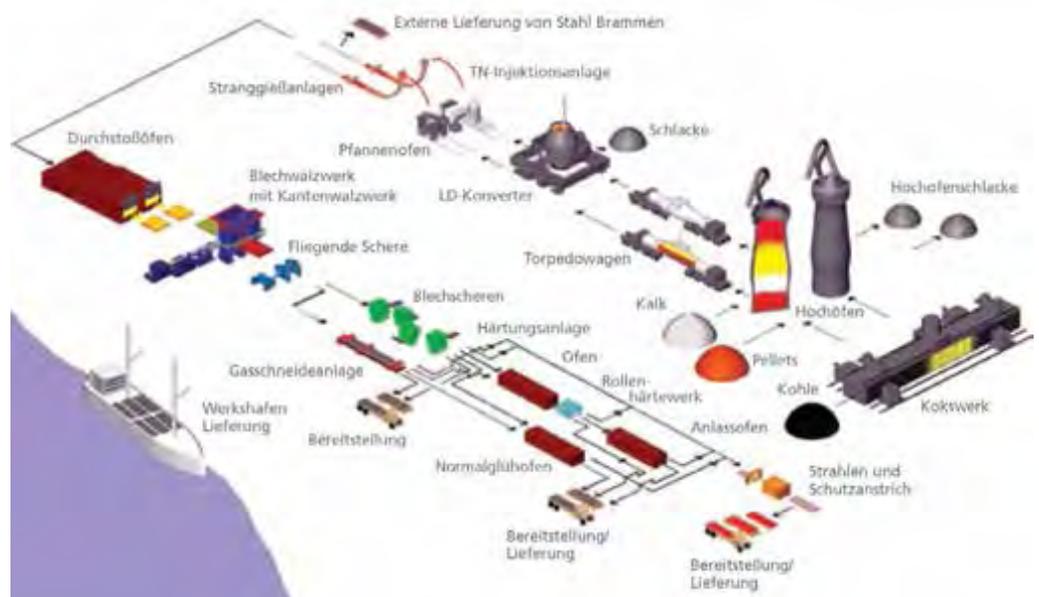


Unser Technologiepartner für Präzision und gegen Verschleiß

SSAB steht für unübertroffene Qualität von Blechen, hergestellt aus reinstem Stahl. Die erzbasierte Metallurgie und das besondere Stranggussverfahren sind entscheidend.

SSAB ist ein schwedisches Stahlwerk aus Oxelösund, ca. 120 km südlich von Stockholm an der Ostseeküste gelegen. Als integriertes Hütten-, Stahl- und Walzwerk mit einem Quarto-Walzgerüst für schwere Bleche hat es sich zum weltweiten Technologieführer auf dem Gebiet verschleißfester und hochzäher Bleche entwickelt. Faktoren dieses Erfolges sind reinste Eisenerze

aus dem nordschwedischen Kiruna, eigene Hochöfen, LD-Konverter, die Pfannenmetallurgie und als Besonderheit eine Stranggussanlage, mit der die hochreinen Stähle erzeugt werden. Besonders die umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeit hervorragender Ingenieure und Metallurgen sichert Ihnen als Verwender verlässliche und äußerst wettbewerbsfähige Werkstofflösungen.



WebShop:

40 www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

SSAB

International bekannt wurde SSAB durch Hardox®, einem Verschleißstahl, der in Bauindustrie und Bergbau hervorragenden Ruf genießt. Auf dessen metallurgischen Grundlagen aufbauend wurde Toolox® entwickelt, ein Werkzeugstahl, der seit über 15 Jahren immer neue Anwendungsgebiete im Formenbau, Stanzwerkzeugbau, Metalldruckgußformenbau, Vorrichtungsbau, der Automation und dem Maschinenbau erschließt.

Strenge Anforderungen hinsichtlich Ebenheit der Bleche, Schweißbarkeit und Oberfläche machen Toolox® und Hardox® einzigartig.

Hardox® bildet heute die Referenz für verschleißfeste Bleche, die erhöhte Lebensdauer der Bauteile zahlt sich aus. Die Zähigkeit von Hardox® und Toolox® ist entscheidend, wenn es hart auf hart kommt.

Toolox® steht für ein neues Denken bei der Herstellung gehärteter Werkzeug- oder Maschinenbauteile. Der Arbeitsgang Härterei entfällt, man ist schneller fertig, es ist einfach das bessere Konzept.



1. Ihr Werkstück erfordert ein optimales Halbzeug.
www.stahlnetz.de



2. Bearbeitung



3. Transport



4. Härten und Anlassen



5. Nachbearbeitung

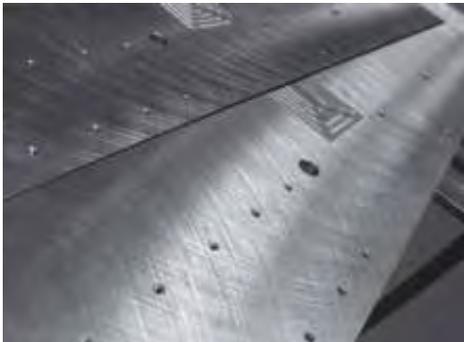


6. Produktion



TOOLOX® 33

- vergütet und absolut spannungsarm
- präzise Teile fertigen



TOOLOX® 44

- der erste fertig vorgehärtete Werkzeugstahl
- das bessere Konzept –
fertig gehärtet für dauerhafte Bauteile höchster Präzision
- ein Stahl für optimale Schwingungsdämpfung



WebShop:
42 www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44/480-0 • Telefax: +49 (0) 368 44/480-55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

HARDOX® 450

- der Maßstab gegen den Verschleiß,
jetzt auch für den Präzisionsmaschinenbau



HARDOX® 600

- höchste Härte direkt vom Lager,
- eine neue Dimension in Werkzeug- und Maschinenbau,
weltweit einzigartig, z.B. für Druckplatten in Stanzwerkzeugen



WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44/480-0 • Telefax: +49 (0) 368 44/480-55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

Ultraschallprüfung

Jedes Blech wird aufwendig geprüft, Zeugnisse 3.1 sind verfügbar, die internen Standards sind vielerorts strenger als der Industriestandard.

Oberflächenprüfung¹⁾

Gemäß EN 10 160	Abstand zwischen parallelen Prüflinien [mm]	Zu beachtende minimale Fehlerfläche [mm ²]	Maximal zulässige Fehlerfläche [mm ²]	Maximale Anzahl lokaler Fehler [Anzahl/m ²]	Entsprechende Stahl-Eisen-Lieferbedingungen
-	100	1000	10000	1	SEL 072 Klasse 5
S ₀	100	1000	5000	20	-
S ₁	100	100	1000	15	SEL 072 Klasse 3
S ₂	50	50	100	10	SEL 072 Klasse 2
S ₃	50	20	50	10	SEL 072 Klasse 1

Randzonenprüfung²⁾

Gemäß EN 10 160	Randzonenbreite ²⁾ [mm]	Zu beachtende minimale Fehlerlänge [mm]	Maximal zulässige Fehlerlänge [mm]	Maximal zulässige Fehlerfläche [mm ²]	Maximale Anzahl Fehler pro m Länge	Entsprechende Stahl-Eisen-Lieferbedingungen
E ₀	50 – 100	50	100	2000	6	-
E ₁	50 – 100	25	50	1000	5	SEL 072 Klasse 3
E ₂	50 – 100	20	40	500	4	SEL 072 Klasse 2
E ₃	50 – 100	15	30	100	3	SEL 072 Klasse 1
E ₄	50 – 100	10	20	50	2	-

- 1) Die Prüfung kann bestellt und durchgeführt werden als Gesamtprüfung, beispielsweise E₁S₁ oder E₂S₂, oder als Nur-Randzonen oder Nur-Oberflächenprüfung, beispielsweise E₁ oder S₁.
- 2) Die Breite der Randzone bei der Randzonenprüfung variiert in Abhängigkeit von der Dicke des Blechs.

WebShop:

44 www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

SSAB

SSAB

Die **Dickentoleranzen** der Bleche gemäß AccuRollTech™ sind enger als DIN EN 10 029.

Nennstärke [mm]	Hardox Toleranzklasse A [mm]		Toolox Toleranzklasse C [mm]		Maximaler Dickenunterschied im Blech [mm]
	min	max	min	max	
- 4,9	-0,3	+0,4	-0,0	+0,7	0,5
5,0 – 7,9	-0,3	+0,5	-0,0	+0,8	0,6
8,0 – 14,9	-0,4	+0,6	-0,0	+1,0	0,7
15,0 – 24,9	-0,5	+0,7	-0,0	+1,2	0,8
25,0 – 39,9	-0,7	+0,8	-0,0	+1,5	1,0
40,0 – 79,9	-0,9	+1,5	-0,0	+2,4	1,1
80,0 –	-1,0	+2,2	-0,0	+3,2	1,2

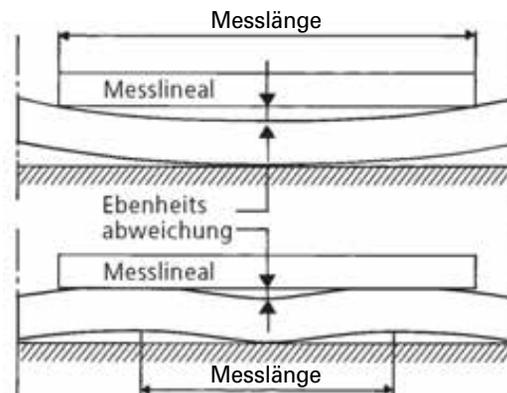


Bleche aus Hardox® und Toolox® haben standardmäßig einen Rostschutzanstrich sowie eine Einzelblech-Kennzeichnung.

Toolox® und Hardox®-Bleche haben eine erstaunliche **Ebenheit**.

		5,0–7,9	8,0–14,9	15,0–24,9	25,0–39,9	100,0–155,0
Toolox® 33	Quartblech Klasse S Messlänge 1.000mm	4mm	3mm	3mm	3mm	4mm
Toolox® 44	Quartblech Klasse S Messlänge 2.000mm	8mm	6mm	6mm	6mm	8mm

		3,2–3,9	4,0–4,9	5,0–5,9	6,0–19,9	20,0–130,0
Hardox® 450	Quartblech Klasse C Messlänge 1.000mm	15mm	7mm	5mm	4mm	3mm



		6,0–7,9	8,0–24,9	25,0–39,9	40,0–65,0
Hardox® 600	Quartblech Klasse E Messlänge 1.000mm	11mm	10mm	9mm	8mm

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

Vergüteter Werkzeugstahl für Kunststoffformen und Maschinenteile. Hervorragend geeignet zum Polieren und Ätzen, um 20–25% schneller zu bearbeiten als 1.2312. Ursprünglich entwickelt als Kunststoffformenstahl, hat sich Toolox® 33 aufgrund seiner Zähigkeit, Verzugsarmut, leichten Bearbeitbarkeit und hohen Festigkeit auch im Vorrichtungsbau und im Maschinenbau durchgesetzt.

Toolox
33

Man verwendet Toolox® 33 mit nitrierter Oberfläche auch für Gleitführungen und Verschleißplatten. Für Präzisionsteile nutzt man gerne die einzigartige Formstabilität und Maßbeständigkeit, auch wenn die Anwendung eigentlich keine Vergütung notwendig macht. Toolox® 33 lässt sich überraschend leicht zerspanen und zwar ohne Zusatz von Schwefel, was die hervorragende Zähigkeit beeinträchtigen würde.

Toolox® 33 ersetzt daher 1.2312 vollständig, dabei ist Toolox® 33 in praktisch allen technischen Eigenschaften dem 1.2312 überlegen, mindestens gleichwertig. Nitrierbehandlung oder PVD-Beschichtung sind problemlos möglich, eine weitere Wärmebehandlung ist unnötig und wird nicht empfohlen. Ist eine höhere Härte oder Festigkeit notwendig, so empfehlen wir Toolox® 44.

Als „Approved Dealer“ ist Gebr. Recknagel der zuständige Vertriebspartner des schwedischen Herstellers SSAB für Deutschland.

Farbkennzeichnung:

Grau (Toolox® 33)



TOOLOX® 33	47
PräziPlan® – Präzisionsflachstahl	48
EcoPlan® – Präzisionsflachstahl	49
VarioPlan®	50
Rohmaterial	51
Werkstoffblatt	52
Metallurgische Information, mechan. Eigenschaften	53
Härtvergleichstabelle für Toolox® und Hardox®	65
Bearbeitung von Toolox®	66
Polieren von Toolox®	72
Schweißen von Toolox®	73
Anwendungsbeispiele	74

WebShop: www.stahlnetz.de Telefon: +49 (0) 368 44/480-0 • Telefax: +49 (0) 368 44/480-55 • grp@stahlnetz.de



TOOLOX® 33



PräziPlan® – Präzisionsflachstahl (nach DIN 59350)

Toolox
33

Ausführung:

Vergütet auf ca. 860–1.010 MPa,
Härte 275–325 HB,
Dicke geschliffen mit R_a = 6 µm,
Breite feinbearbeitet,
allseitig entkohlungsfrei bearbeitet

Toleranzen:

Breite: +0,2 / -0 mm
Dicke: +0,2 / -0 mm
Länge: +40,0 / -0 mm

Länge: 1.000 mm

Preise [€/Stück]

		Dicke [mm]																	
		4,2	5,2	6,2	8,2	10,4	12,4	15,4	16,4	20,4	25,4	30,4	32,4	40,4	50,4	60,4	70,4	80,4	100,4
Breite [mm]	20,3	15	17	19	20	22	25	26											
	25,3	17	18	20	22	24	27	31	33	35									
	30,3	18	20	22	24	26	29	33	36	40	52								
	32,3			23	25	28	31	36	39	43	58								
	40,3	21	23	25	28	31	35	39	43	48	61	68							
	50,3	24	27	29	31	36	39	46	51	56	65	76	80	92					
	60,3	27	29	31	36	39	46	51	58	66	69	82	87	96	115				
	63,3	28	30	35	39	42	48	55	59	71	76	89	89	99	119				
	70,3	30	33	36	41	47	52	61	63	73	83	94	101	105	128	146			
	80,3	32	37	40	47	52	57	69	73	78	90	104	109	118	159	175	204		
	100,3	36	42	48	54	58	65	81	86	95	107	123	131	155	180	208	219	257	
	120,3							96		114	131	155	165	179	201	212	243	324	
	125,3			60	66	73	84	103	107	123	148	158	169	182	205	215	246	326	
	150,3			66	72	81	93	112	121	138	160	183	191	221	251	297	342	409	527
	200,3			86	101	119	140	167	190	193	217	246	263	305	365	428	490	526	594
	220,3					128	150	181	205	216	239	274	297	324	389	472	527	582	655
250,3					136	159	195	219	238	261	301	331	342	413	516	563	638		
300,3					163	183	228	234	269	297	342	367	391	475	553	620	678		
400,3					234	268	326	345	359	407	454	504	521	626	730				
500,3					292	334	407	431	449	495	569	626	647	740	917				

Vierkant, Länge: 1.000 mm

Preise [€/Stück]

	10,4	12,4	15,4	16,4	20,4	25,4	30,4	32,4	40,4	50,4	60,4	70,4	80,4	100,4
	22	24	31	33	37	47	68	70	82	110	136	159	225	324

Sonderausführungen liefern wir schnell und preiswert!

EcoPlan® 150 / 400 / 800 – Präzisionsflachstahl
(nach DIN 59350) in günstigen Kurzlängen

Ausführung:

Vergütet auf ca. 860–1.010 MPa,
Härte 275–325 HB,
allseitig, auch in der Länge,
entkohlunfrei präzisionsbearbeitet

Toleranzen:

Breite: +0,2 / -0 mm
Dicke: +0,2 / -0 mm
Länge: +0,4 / -0 mm

Länge: 400,3 mm

Preise [€/Stück]

400	Dicke [mm]												
	8,4	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4	60,4	80,4	100,4	
Breite [mm]	20,3	14	15	16	18	19							
	25,3	15	15	17	20	21	23						
	30,3	16	16	18	21	22	23	30					
	40,3	17	17	20	24	25	27	30	38				
	50,3	18	19	22	27	28	29	34	44	50			
	60,3	20	21	24	30	32	34	38	48	55	69		
	80,3	23	23	29	36	38	40	46	58	71	84	96	
	100,3	26	26	34	43	45	48	55	71	88	101	112	145
	120,3	30	34	42	49	53	58	69	80	92	115	144	167
	150,3	32	36	41	58	60	72	82	99	112	138	171	199
	200,3	45	53	63	75	74	92	110	137	157	179	216	254
	250,3	86	61	71	89	97	117	135	153	185	215	262	308
	300,3	98	73	82	105	117	133	153	175	213	251	305	362
400,3	120	105	120	135	143	179	204	234	281	334	398	471	

Toolox 33

Länge: 150,3 mm

Preise [€/Stück]

150	Dicke [mm]								
	8,4	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4
20,3	7	7	8	9	10				
25,3	7	7	8	9	11	11			
30,3	8	8	9	10	11	13	17		
40,3	9	9	10	11	12	15	16	20	
50,3	9	9	11	13	14	16	19	23	27
60,3	9	9	11	15	16	17	20	26	28
80,3	12	13	14	17	18	22	26	29	39
100,3	13	14	16	20	21	24	29	35	43
120,3	17	19	22	23	24	32	38	44	50
150,3	18	20	23	29	30	31	36	45	53

Länge: 800,3 mm

Preise [€/Stück]

800	Dicke [mm]												
	8,4	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4	60,4	80,4	100,4	
Breite [mm]	80,3	45	47	56	60	72	76	85	110	125	138	175	
	100,3	54	54	65	69	83	89	99	128	145	162	207	259
	120,3	56	63	73	76	91	104	124	144	168	184	259	328
	150,3	58	64	79	89	110	128	146	175	198	237	327	390
	200,3	80	95	112	133	154	173	196	244	292	342	420	475
	250,3	156	108	127	156	190	208	240	268	330	412	506	598
	300,3	175	130	146	182	215	237	273	318	380	442	542	702
	400,3	212	187	214	236	282	325	363	412	500	584	764	910
	500,3	196	233	258	279	335	395	455	522	592	733	937	1118
	600,3	285	285	297	322	389	460	545	648	763	891	1109	1326

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480-0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480-55 • grp@stahlnetz.de



49

TOOLOX® 33

VarioPlan®
Feingefräste Halbzeuge in
frei wählbaren Abmessungen

- flexibel in Breite, Dicke und Länge
- Kanten gesägt oder gefräst
- auf Wunsch mit Fasen und/oder Eckradius
- Fertigung in 2 bis 3 Tagen
- einfache Kalkulation

Nutzen Sie unsere Online-Kalkulation im
WebShop: www.varioplan.de

The screenshot shows the VarioPlan online calculator interface. It includes sections for 'Toleranzen' (Tolerances), 'Auf Wunsch mit gefrästen Kanten lieferbar' (Optional beveled edges), 'Minimalabmessung' (Minimum dimensions), and 'Maximalabmessung' (Maximum dimensions). The 'Kalkulation' (Calculation) section shows a selected part with dimensions: 113,30 mm x Dicke: 11,70 mm x Länge: 252,30 mm, priced at 72,40 €/Stück. Below this, there are input fields for defining chamfers (Fasen) and radii (Radien) for the top, side, and bottom edges. A 3D schematic diagram shows the part with chamfers and radii, with labels A, B, C, and D indicating different views or features.

Toolox 33



Rohmaterial

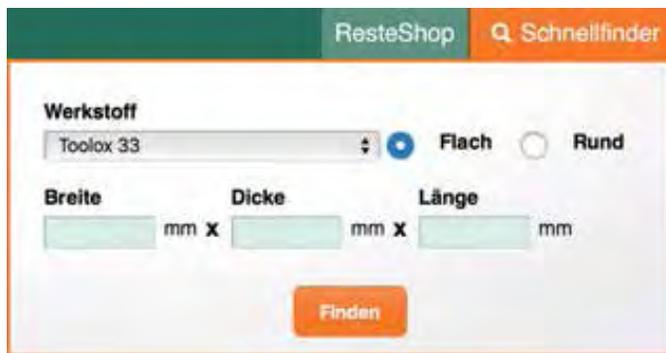
**Bleche und Zuschnitte daraus, vergütet auf 275–325 HB,
Blechoberfläche gestrahlt und grundiert**

Dicke [mm]														
6	8	9,2	10	11,6	12	13,6	14	15	16	16,7	17,6	18	20	22
25	27	28	30	32,5	35	40	43	45	50	53	55	60	63,5	65
70	74	75	80	84	85	90	100	104	105	110	120	125	130	



Günstiges Rohmaterial online aussuchen, auch als Zuschnitt:
www.ResteShop.de

Schnell, übersichtlich und transparent:
ResteShop und Schnellfinder bei www.stahlnetz.de



ResteShop

- alle Werkstoffe
- mit Zuschnittservice
- sofort ab Lager
- günstige Sonderpreise für Reststücke
- so lange der Vorrat reicht

Schnellfinder

- alle Produkte im Vergleich
- Ihre Sonderteile fertig kalkuliert
- einfache Auswahl der optimalen Lösung

WebShop: www.stahlnetz.de  Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



TOOLOX® 33



Werkstoffblatt

Toolox® 33 ist ein gehärteter und angelassener Werkzeugstahl, der auf geringste Restspannungen ausgelegt ist. Dieser Werkstoff hat deshalb eine sehr gute Formstabilität bei der Bearbeitung. Toolox® 33 kombiniert sehr gute Bearbeitungseigenschaften mit einer Härte von 300 HBW. Der Werkzeugstahl ist speziell vorgesehen für Kunststoffformen und ist hervorragend polier- und narbungsgesiegt. Andere Einsatzbereiche: Gummiformen, Biegewerkzeuge, Verschleißteile und Konstruktionsteile im Maschinenbau.

Toolox® 33 ersetzt die Werkstoffe 1.2311 / 1.2312 / 1.2738 / 1.7225.

Härte (Garantierter Wert)	HBW 275–325 (entspricht ca. 26–32,5 HRC)
Kerbschlagarbeit (Garantierter Wert)	Prüftemperatur 20°C Kerbschlagarbeit Charpy-V in Querrichtung ≤ 130mm mind. 35 J
Zugfestigkeit (Umgerechneter Wert)	Zugfestigkeit ca. 860–1010 MPa
Ultraschallprüfung (Garantierter Wert)	Nach EN 10 160 (Bleche) oder EN 10 228-3 (Schmiedeteile) und zusätzlichen Anforderungen gemäß SSAB V6.
Ätzeigenschaften (Garantieverpflichtung)	Toolox® 33 erfüllt die Anforderungen gemäß NADCA 207–2006.
Abmessungen	Toolox® 33 wird in Blechdicken 6–130mm geliefert.
Lieferzustand	Gehärtet und angelassen bei mind. 590°C.
Wärmebehandlung	Nitrieren oder Beschichten ist bei Temperaturen unter 590°C möglich. Toolox® 33 ist für weitere Wärmebehandlung nicht vorgesehen. Wenn dieser Werkstoff nach der Lieferung weiterer Wärmebehandlung über 590°C unterzogen wird, sind die Eigenschaften nicht mehr garantiert.
Prüfung	Prüfung gemäß EN 10 025 und EN ISO 6506-1. Härtegeprüft an abgefräster Oberfläche 0,5–2mm unter der Blechoberfläche.
Toleranzen	Blech: Gemäß EN 10 029 und SSAB AccuRollTech™. Rundstahl: EN 10 060
Schweißen	Hinweise auf Seite 73 beachten.
Produkte	Präzisionsflachstahl (Standard- und Sonderabmessungen), EcoPlan®, P-Platten, VarioPlan® und Rohmaterial-zuschnitte. Maschinenbauteile und Führungsleisten individuell nach Ihren Angaben und Zeichnungen.



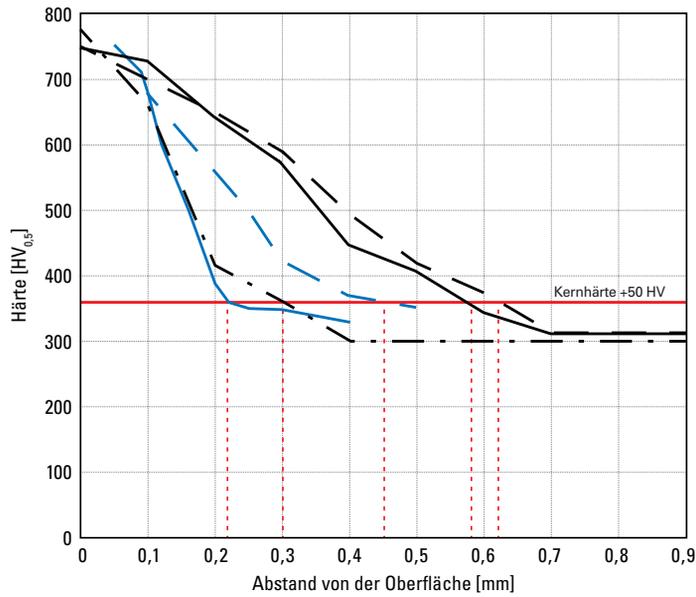
52 WebShop: www.stahlnetz.de  Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni
max.	0,24	1,1	0,8	0,01	0,003	1,2	0,3	0,11	1,0
min.	0,22	0,6				1,0		0,10	

Härteverlauf

Ermittlung der Nitriertiefe NHD nach DIN 50190-3 bei Kernhärte +50 HV



- Gasnitrieren im Ammoniakgasstrom, 36h, 510°C: NHD=0,58mm
- - - Gasnitrieren im Ammoniakgasstrom, 84h, 510°C: NHD=0,62mm
- · - Gas-Nitro-Carburieren, 5h, 580°C: NHD=0,30mm
- Plasmanitrieren, Kurzzeit: NHD=0,22mm, VS=7µm
- - - Plasmanitrieren, Langzeit: NHD=0,45mm, VS=7µm

Einschlussgehalt (Typenwerte)

- Einschlussquote (äquival. Durchmesser) 6µm
- Flächenanteil 0,015%
- Länge-Breite-Verhältnis 1,2

Physikalische Eigenschaften (Typenwerte)

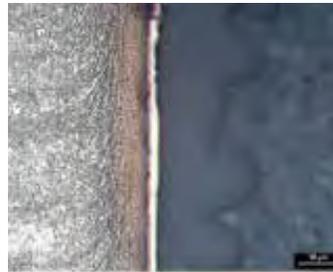
Wärmeausdehnungskoeffizient [10⁻⁶/K]

bei +20–200°C: 13,1

Wärmeleitkoeffizient:

+20°C	35,0 W/mK
+200°C	35,0 W/mK
+400°C	30,0 W/mK

Kurzzeit



Diffusionszone, keine Verbindungsschicht

Langzeit



Diffusionszone, Verbindungsschicht 36µm

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44/480-0 • Telefax: +49 (0) 368 44/480-55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

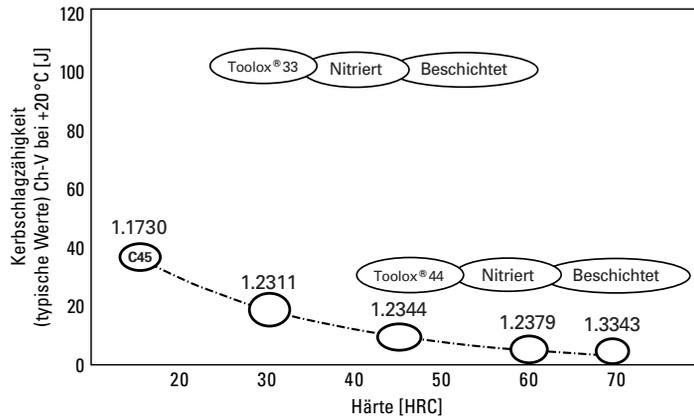
53

TOOLOX® 33

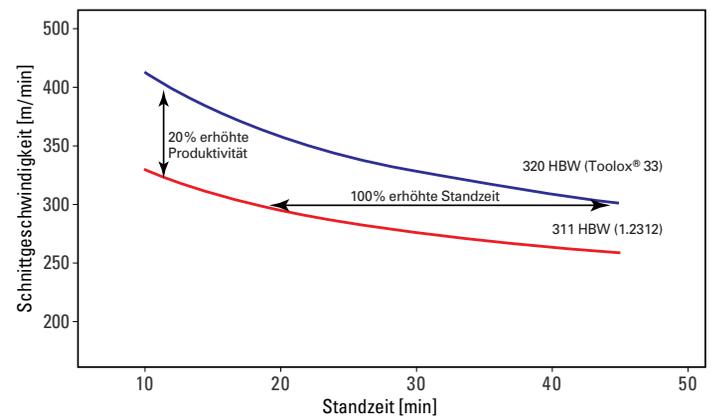
TOOLOX®
ENGINEERING & TOOL STEEL

Oberflächentechnik

Hart und Zäh



Werkzeugstandzeit beim Planfräsen



Mechanische Eigenschaften (typische Werte*)

	garantierte Härte [HBW]	garantierte Kerbschlagarbeit Min [J]	Kerbschlagarbeit typ. [J]*	Dehngrenze typ. R _{p0,2} [MPa]*	Zugfestigkeit typ. R _m [MPa]*	Bruchdehnung typ. A ₅ [%]*	Stauchgrenze typ. MPa*	Dicke [mm]
-40°C			27					6–130
-20°C			45					
+20°C	275–325	35	100	850	980	16	800	
+200°C			170	800	900	12	750	
+300°C			180				700	
+400°C			180				590	
+500°C							560	

Toolox® wird bei Raumtemperatur auf Härte und Kerbschlagarbeit geprüft.

Alle anderen angegebenen Werte stammen aus ergänzenden Prüfungen und dienen nur zur Information, sind jedoch nicht garantiert.

* Richtwerte nur zur Information.



Der weltweit erste fertig wärmebehandelte Werkzeugstahl. Fertig gehärtet auf ca. 45 HRC.

Gehärteter Werkzeugstahl, ursprünglich entwickelt für Kunststoffformen, hervorragend geeignet für das Polieren und Fotoätzen. Aufgrund der außerordentlichen Zähigkeit, sehr guten Temperaturbeständigkeit und besonderen Verzugsarmut wird Toolox® 44 heute gerne für Metalldruckgussformen, Biege- und Umformwerkzeuge, zähe Maschinenmesser, hochfeste Maschinenteile, verschleißfeste Gleitführungen, Verschleißplatten, Vorrichtungen und Präzisionsteile verwendet. Die außerordentlichen Dämpfungseigenschaften empfehlen Toolox® 44-Rundmaterial besonders für vibrationskritische Maschinenspindeln.

Toolox® 44 lässt sich überraschend leicht spanend bearbeiten und bleibt dabei erstaunlich formstabil. Neue Fertigungskonzepte sind möglich, da Wärmebehandlung und nachträgliche Anpassungsarbeiten bei diesem fertig gehärteten Werkstoff entfallen. Sie sparen Zeit sowie technischen Aufwand, Sie gewinnen Sicherheit und verlängern die Lebensdauer Ihrer Bauteile.

Nitrierbehandlung oder PVD-Beschichtung sind problemlos möglich, eine weitere Wärmebehandlung ist unnötig und wird nicht empfohlen.

Als „Approved Dealer“ ist Gebr. Recknagel der zuständige Vertriebspartner des schwedischen Herstellers SSAB für Deutschland.

Farbkennzeichnung:
Rot (Toolox® 44)



TOOLOX® 44	55
PräziPlan® – Präzisionsflachstahl	56
EcoPlan® – Präzisionsflachstahl	57
VarioPlan®	58
VarioRond®	59
Rohmaterial	60
Dämpfungseigenschaften	61
Werkstoffblatt	62
Metallurgische Information, mechan. Eigenschaften	63
Härtvergleichstabelle für Toolox® und Hardox®	65
Bearbeitung von Toolox®	66
Polieren von Toolox®	72
Schweißen von Toolox®	73
Anwendungsbeispiele	74



WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



55

TOOLOX® 44

PräziPlan® – Präzisionsflachstahl
(nach DIN 59350)

Ausführung:

Gehärtet auf 410–475 HB (41–47 HRC),
Dicke geschliffen mit R_a = 6 µm,
Breite feinbearbeitet,
allseitig entkohlungsfrei bearbeitet

Toleranzen:

Breite: +0,2 / -0 mm
Dicke: +0,2 / -0 mm
Länge: +40,0 / -0 mm



Länge: 1.000 mm Preise [€/Stück]

Breite [mm]	Dicke [mm]												
	4,2	5,2	6,2	8,2	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4	60,4
20,3	46	55	55	55	58	62	66						
25,3	48	56	56	58	62	66	73	99					
30,3	50	59	59	62	66	73	78	106	126				
40,3	60	66	66	73	81	84	92	122	137	164			
50,3	78	86	92	100	102	119	139	150	158	169	178		
60,3	88	99	106	116	121	130	150	158	164	171	194	228	
70,3	96	108	110	125	126	136	158	164	167	173	217	236	256
80,3	102	117	121	144	146	153	164	169	174	178	218	241	270
100,3	106	139	144	154	158	165	173	187	207	225	256	292	332
120,3							208	218	228	244	297	330	
150,3				187	193	211	236	264	279	309	350	370	418
200,3				272	278	286	309	321	321	384	454	489	598
250,3				307	313	363	400	412	412	454	537	583	
300,3				337	344	374	430	473	473	504	581	657	
400,3							492	509	509	613	711	854	
500,3				454	472	527	544	583	583	709	825	969	

Viereck, Länge: 1.000 mm Preise [€/Stück]

	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4	60,4
	83	86	88	88	114	146	174	188	255

Sonderausführungen liefern wir schnell und preiswert!

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



**EcoPlan® 150 / 400 / 800 – Präzisionsflachstahl
(nach DIN 59350) in günstigen Kurzlängen**

Ausführung:

Gehärtet auf 410–475 HB (41–47 HRC),
allseitig, auch in der Länge,
entkohlungsfrei präzisionsbearbeitet

Toleranzen:

Breite: +0,2 / -0 mm
Dicke: +0,2 / -0 mm
Länge: +0,4 / -0 mm

Länge: 400,3 mm

Preise [€/Stück]

400		Dicke [mm]											
		8,4	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4	60,4	80,4	100,4
Breite [mm]	20,3	24	26	28	29	40							
	25,3	26	28	29	32	44	51						
	30,3	28	29	32	34	48	57	65					
	40,3	32	37	38	41	55	61	72	72				
	50,3	45	46	53	56	60	65	76	80	84			
	60,3	52	55	58	60	64	69	76	87	100	113		
	80,3	63	63	64	66	72	78	80	98	109	121	166	
	100,3	69	69	70	72	82	93	101	115	131	149	197	232
	120,3	74	75	76	80	92	102	110	134	148	187	227	269
	150,3	82	82	85	92	105	122	138	157	167	188	274	325
	200,3	98	98	103	111	130	144	172	204	220	269	350	417
	250,3	115	115	121	130	153	181	204	241	262	345	428	510
	300,3	132	132	138	150	178	209	226	261	295	406	505	604
400,3	165	165	174	189	225	229	276	320	384	528	659	789	

Toolox 44

Länge: 150,3 mm

Preise [€/Stück]

150		Dicke [mm]											
		8,4	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4			
Breite [mm]	20,3	13	14	15	16	22							
	25,3	14	15	16	19	25	28						
	30,3	15	16	19	20	27	31	37					
	40,3	19	21	21	23	30	34	41	44				
	50,3	25	26	30	34	38	40	42	44	47			
	60,3	29	30	32	38	40	41	42	48	57			
	80,3	35	37	39	41	42	44	44	55	60			
	100,3	39	40	41	43	47	51	57	64	73			
	120,3	43	44	45	52	55	57	61	73	81			
	150,3	47	48	52	59	63	67	77	84	93			

Länge: 800,3 mm

Preise [€/Stück]

800		Dicke [mm]										
		8,4	10,4	12,4	15,4	20,4	25,4	30,4	40,4	50,4	60,4	80,4
Breite [mm]	80,3	92	92	95	112	126	139	141	174	192	216	288
	100,3	100	100	104	123	140	161	180	204	234	265	339
	120,3	110	110	114	136	155	179	196	238	263	320	391
	150,3	122	122	128	154	179	207	243	280	296	346	468
	200,3	145	145	152	184	216	253	300	355	391	479	596
	250,3	167	167	175	214	253	299	356	426	467	583	724
	300,3	189	189	200	243	291	346	403	465	525	685	854
	400,3	233	233	247	303	366	408	490	569	683	888	1110
	500,3	277	277	299	363	440	486	567	687	804	1090	1368
	600,3	322	322	352	422	516	625	752	922	1095	1293	1625

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



TOOLOX® 44

**VarioPlan®
Feingefräste Halbzeuge in
frei wählbaren Abmessungen**

- flexibel in Breite, Dicke und Länge
- Kanten gesägt oder gefräst
- auf Wunsch mit Fasen und/oder Eckradius
- Fertigung in 2 bis 3 Tagen
- einfache Kalkulation

Toolox 44

Nutzen Sie unsere Online-Kalkulation im
WebShop: www.varioplan.de

The screenshot shows the VarioPlan online calculator interface. It includes sections for 'Toleranzen' (Tolerances), 'Kalkulation' (Calculation), and 'Definieren Sie hier ihre Fasen' (Define your chamfers) and 'Definieren Sie hier ihre Radien' (Define your radii). A 3D schematic of the part is shown at the bottom, with dimensions like 113,3 mm width and 352,3 mm length. The calculated price is 82,90 €/Stück.



VarioRond®
Rundmaterialabschnitte
mit frei wählbarer Länge
zum Stückpreis

Ausführung und Toleranzen:

- Länge, gesägt: +3,0 / -0 mm
- Durchmesser:

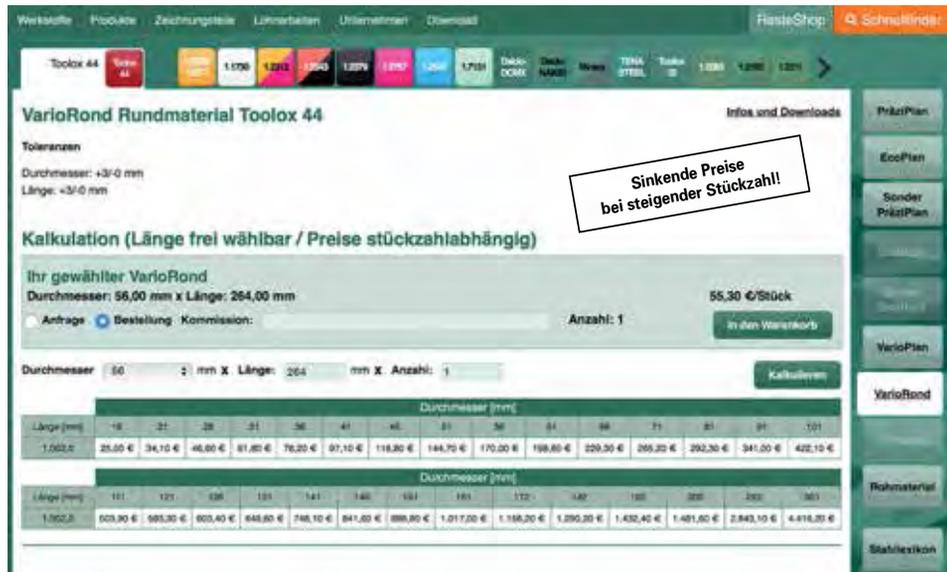
 - 16–121 mm +3,0 / -0 mm
 - 126–162 mm +4,0 / -0 mm
 - 172–202 mm +5,0 / -0 mm
 - >202 mm +8,0 / -0 mm

- Durchmesserbereich: 16–353 mm

Flexible Online-Kalkulation:

www.variorond.de

- Wunschlänge ist frei wählbar
- Stückpreise für Ihre Wunschlänge
- Sägekosten inklusive
- keine weiteren Zuschläge



Toolox 44

WebShop: www.stahlnetz.de

Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER RECKNAGEL
Präzision in Stahl

Rohmaterial

Bleche oder Schmiedeteile und Zuschnitte daraus, gehärtet auf 410–475 HB (41–47 HRC), Blechoberfläche gestrahlt und grundiert

	Dicke [mm]														
	6	8	9,2	10	11,6	12	13,6	14	16	16,7	17,6	18	20	22	25
	27	28	30	32,5	35	40	43	45	50	53	53,5	55	60	63,5	66
	70	74	75	80	84	85	90	100	104	105	110	120	125	130	

Toolox 44

Günstiges Rohmaterial online aussuchen, auch als Zuschnitt:
www.ResteShop.de

Schnell, übersichtlich und transparent:
ResteShop und Schnellfinder bei www.stahlnetz.de



ResteShop

- alle Werkstoffe
- mit Zuschnittservice
- sofort ab Lager
- günstige Sonderpreise für Reststücke
- so lange der Vorrat reicht

Schnellfinder

- alle Produkte im Vergleich
- Ihre Sonderteile fertig kalkuliert
- einfache Auswahl der optimalen Lösung

WebShop: www.stahlnetz.de

Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER RECKNAGEL
Präzision in Stahl

Dämpfungseigenschaften

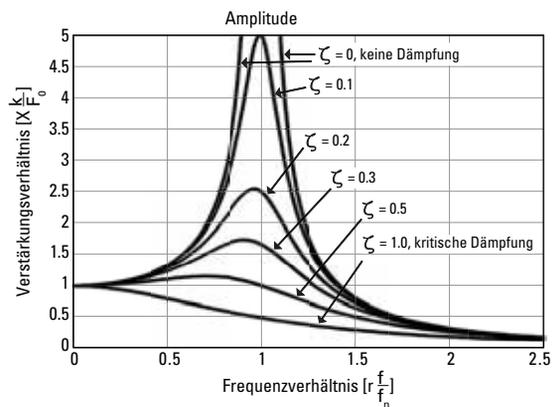
Toolox® 44 wurde in Schweden schon früh erfolgreich für Grundkörper hochwertiger Zerspanungswerkzeuge wie WP-Bohrer, Fräser und Abstechwerkzeuge eingesetzt. Dabei zeigten sich ruhiger Lauf und lange Standzeiten, gerade auch im direkten Vergleich zu bisher üblichen Werkstoffen. Mehrere wissenschaftliche Untersuchungen, unter anderem an der Königlichen Technischen Hochschule in Stockholm sowie durch Dr. Svenningsson führen dies auf hervorragende Dämpfungseigenschaften des Werkstoffes zurück. So ist die kritische Schnitttiefe von Toolox®-Fräsern größer als bei herkömmlichen Werkzeugen, schlankere, weiter auskragende Werkzeuge werden möglich.

Diese Eigenschaften empfehlen Toolox® 44-Rundmaterial auch für Wellen und Spindeln und andere Maschinenelemente, bei denen Fremdanregung den Prozess beeinflusst und Schwingungen reduziert werden sollen.

Schneller abklingende Amplituden in Folge der höheren Dämpfung verbessern zudem entscheidend die Dauerfestigkeit des Bauteiles, Materialermüdung wird reduziert.

Über einen weiten Frequenzbereich von 65Hz bis 4.000Hz ist die Dämpfung sehr gut, sie steigt mit der Anregungsfrequenz. So beträgt der Dämpfungsfaktor zwischen 1,2% bei 120Hz und 2,2% bei 4.000Hz und liegt damit erheblich über dem anderer Stähle, er erreicht in der Spitze das Niveau von Grauguss. Die Untersuchungen sind derzeit noch nicht abgeschlossen, erklären und bestätigen die bisher beobachteten Vorteile im Betrieb aber recht gut. Sprechen Sie uns an, wir unterstützen Sie gerne bei der Optimierung Ihrer Bauteile.

Amplituden bei unterschiedlichen rel. Dämpfungswerten ζ



Toolox 44

Werkstoff	Rel. Dämpfung ζ %
GG [Grauguss]	≈ 2,1 – 2,3
Toolox 44	1,9
Toolox 33	1,0
S355 [St52]	0,8
Hochfeste Stähle (vergütet)	≈ 0,1 – 0,3

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



61

TOOLOX® 44

Werkstoffblatt

Toolox® 44 ist ein gehärteter und angelassener Werkzeugstahl, der auf geringste Restspannungen ausgelegt ist. Dieser Werkstoff hat deshalb eine sehr gute Formstabilität bei der Bearbeitung. Toolox® 44 besitzt trotz einer Härte von 45 HRC gute Bearbeitungseigenschaften. Der Werkzeugstahl ist speziell vorgesehen für Kunststoffformen und ist hervorragend polier- und narbungsgeeignet. Andere Einsatzbereiche: Blechumformwerkzeuge, Verschleißteile, Konstruktionsteile sowie Maschinenspindeln.

Toolox 44

- Härte** (Garantierter Wert) HBW 410–475 (entspricht ca. 41–47 HRC)
- Kerbschlagarbeit** (Garantierter Wert) Prüftemperatur 20°C Kerbschlagarbeit, Charpy-V in Querrichtung ≤ 130mm mind. 18 J
- Zugfestigkeit** (Umgerechneter Wert) Zugfestigkeit ca. 1450 MPa
- Ultraschallprüfung** (Garantierter Wert) Nach EN 10 160 (Bleche) oder EN 10 228-3 (Schmiedeteile) und zusätzlichen Anforderungen gemäß SSAB V6.
- Ätzeigenschaften** (Garantieverpflichtung) Toolox® 44 erfüllt die Anforderungen gemäß NADCA 207–2006.
- Abmessungen** Toolox® 44 wird in Blechdicken 6–130mm geliefert.
- Lieferzustand** Gehärtet und angelassen bei mind. 590°C.
- Wärmebehandlung** Nitrieren oder Beschichten ist bei Temperaturen unter 590°C möglich. Toolox® 44 ist für weitere Wärmebehandlung nicht vorgesehen. Wenn dieser Werkstoff weiterer Wärmebehandlung über 590°C unterzogen wird, sind die Eigenschaften nicht mehr garantiert.
- Prüfung** Prüfung gemäß EN 10 025 und EN ISO 6506-1. Härtegeprüft an abgefräster Oberfläche 0,5–2mm unter der Blechoberfläche.
- Toleranzen** Blech: Gemäß Werknorm SSAB für Werkzeugstähle, Schmiedestücke: Gemäß DIN 75 27 Rundstahl: EN 10 060
- Schweißen** Hinweise auf Seite 73 beachten.
- Produkte** Präzisionsflachstahl (Standard- und Sonderabmessungen), EcoPlan®, VarioPlan®, VarioRond® und Rohmaterialzuschnitte. Maschinenbauteile und Führungsleisten individuell nach Ihren Angaben und Zeichnungen.

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



62

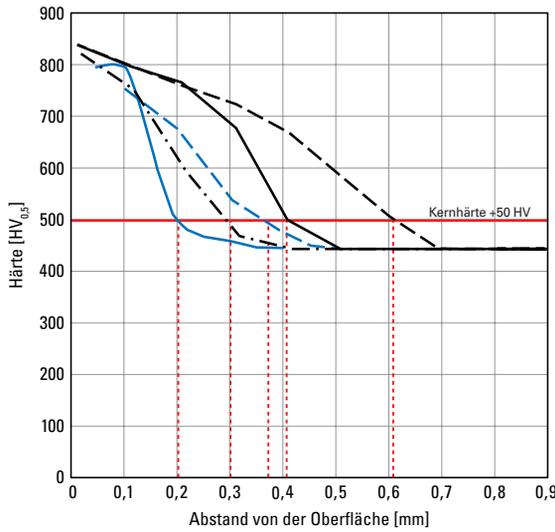
TOOLOX® 44

Metallurgische Information

Härteverlauf

Ermittlung der Nitriertiefe NHD nach DIN 50190-3 bei Kernhärte +50 HV

Hinweis: Durch die hohe Kernhärte von ca. 450 HV unterschätzt man leicht die wirksame Nitriertiefe im Vergleich zu niedrig vergüteten Werkstoffen.



- Gasnitrieren im Ammoniakgasstrom, 36h, 510°C: NHD=0,40 mm
- - - Gasnitrieren im Ammoniakgasstrom, 84h, 510°C: NHD=0,60 mm
- · - Gas-Nitro-Carburieren, 5h, 580°C: NHD=0,30 mm
- Plasmanitrieren, Kurzzeit: NHD=0,23mm, VS=7µm
- - - Plasmanitrieren, Langzeit: NHD=0,38mm, VS=7µm

Richtanalyse/Chemische Zusammensetzung [%]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni
max.	0,32	1,1	0,8	0,01	0,003	1,35	0,8	0,14	1,0
min.		0,6							

Einschlussgehalt (Typenwerte)

Einschlussquote (äquival. Durchmesser)	6µm
Flächenanteil	0,015%
Länge-Breite-Verhältnis	1,2

Physikalische Eigenschaften (Typenwerte)

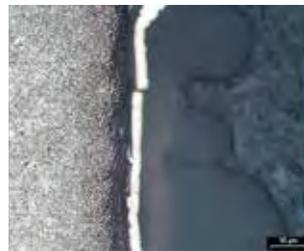
Wärmeausdehnungskoeffizient [10⁻⁶/K]

bei +20–200°C: 13,5

Wärmeleitkoeffizient:

+20°C	34,0 W/mK
+200°C	32,0 W/mK
+400°C	31,0 W/mK
+600°C	21,0 W/mK

Kurzzeit



Diffusionszone, keine Verbindungsschicht

Langzeit



Diffusionszone, Verbindungsschicht 34 µm

WebShop:

www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



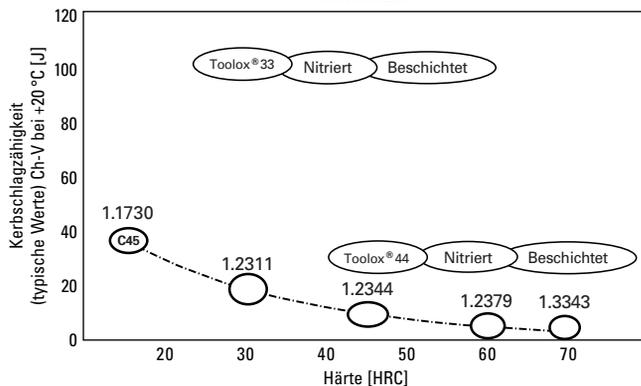
63

TOOLOX® 44

TOOLOX®
ENGINEERING & TOOL STEEL

Oberflächentechnik

Hart und Zäh



Mechanische Eigenschaften (typische Werte*)

	garantierte Härte [HBW]	Härte typ. [HRC]*	garantierte Kerbschlagarbeit Min [J]	Kerbschlagarbeit typ. [J]*	Dehngrenze typ. R _{p0,2} [MPa]*	Zugfestigkeit typ. R _m [MPa]*	Bruchdehnung typ. A ₅ [%]*	Stauchgrenze typ. MPa*	Stauchgrenze nach 170 Std. Haltezeit typ. MPa*	Dicke [mm]
-40°C				14						6–130
-20°C				19						
+20°C	410–475	45	18	30	1300	1450	13	1250		
+200°C				60	1200	1380	10	1120		
+300°C				80				1120		
+400°C				80				1060	1060	
+500°C								930	910	

Toolox® wird bei Raumtemperatur auf Härte und Kerbschlagarbeit geprüft.

Alle anderen angegebenen Werte stammen aus ergänzenden Prüfungen und dienen nur zur Information, sind jedoch nicht garantiert.

* Richtwerte nur zur Information.

WebShop:

64 www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



Härtevergleichstabelle für Toolox® und Hardox®

Zugfestigkeit MPa	715	790	820	861	935	995	1011	1090	1169	1245	1328	1412	1494	1580	1758	1940	2130
Vickershärte HV	205	233	243	261	289	311	317	345	373	401	429	458	485	514	569	627	682
Brinellhärte HBW	225	250	260	275	300	320	325	350	375	400	425	450	475	500	550	600	650
Rockwell HRC	19	22,5	24	26	29	32	32,5	35,5	38	40	42,5	44,5	46,5	49	52,5	55	57,5

Toolox 44



TOOLOX® 33 / TOOLOX® 44

Bearbeitung von Toolox®

Alle bedeutenden Werkzeughersteller sind heute auf die Bearbeitung von Toolox® vorbereitet. Es empfiehlt sich, sich über geeignete Werkzeuge und Schnittwerte beraten zu lassen. Diese Empfehlungen sollten lehrbuchmäßig eingehalten werden, um ein optimales Ergebnis und produktive Leistung zu erzielen. Es ist unbedingt zu vermeiden, aus falsch verstandener Vorsicht den Vorschub zu reduzieren. Gute Spanbildung führt zum Erfolg, Toolox® dankt es Ihnen mit langer Werkzeugstandzeit und schnellerer Bearbeitung.

Bohren

Das **Bohren mit HSS-Werkzeugen** ist weniger stabilen Maschinen sowie geringen Stückzahlen vorbehalten. Bewährt haben sich HSS-Co-Werkzeuge mit den unten angegebenen Schnittwerten. Achten Sie auf kontinuierlichen maschinellen Vorschub und scharfe Werkzeuge. Eine ausgespitzte Querschneide wäre vorteilhaft um optimale Spanbildung zu gewährleisten.

Bohren mit VHM-Werkzeugen ist produktiv und effizient. Dabei ist eine innere Kühlmittelzufuhr mit fetterer Konzentration zu empfehlen. Achten Sie darauf, mit kontinuierlichem Vorschub zu bohren (nicht geringer als die Empfehlung des Werkzeugherstellers).

	Toolox® 33	Toolox® 44
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	~ 15	~ 7
Durchmesser [mm]	Vorschub: f [mm/U] / Drehzahl [1/min]	
5	0,10/950	0,05/445
10	0,10/475	0,09/220
15	0,16/325	0,15/150
20	0,23/235	0,20/110
25	0,30/195	0,25/90
30	0,35/165	0,30/75
* 35	0,40/136	0,35/63
* 40	0,45/119	0,40/55

	Toolox® 33		Toolox® 44	
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	65–90		40–65	
Durchmesser [mm]	Vorschub [mm/U]			
	min.–max.	Startwert	min.–max.	Startwert
3,0–5,0	0,08–0,15	0,10	0,06–0,11	0,07
5,01–10,0	0,09–0,16	0,12	0,08–0,13	0,10
10,01–15,0	0,16–0,22	0,18	0,12–0,18	0,15
15,01–20,0	0,22–0,28	0,25	0,16–0,20	0,18



HM-Wechselschneidköpfe oder gelötete Schneiden kommen bei mittleren Durchmessern zum Einsatz. Schnittwerte entnehmen Sie der Tabelle.

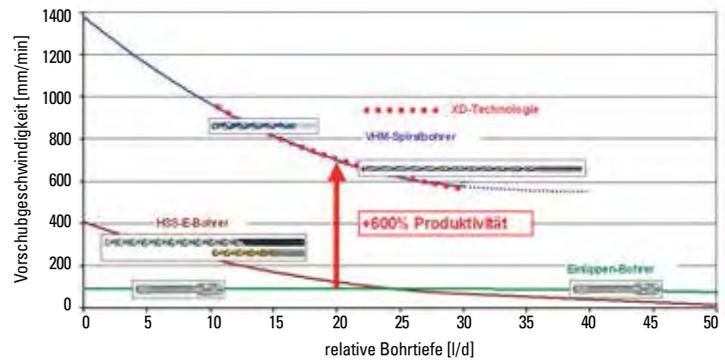
	Toolox® 33		Toolox® 44	
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	50–80		40–60	
Durchmesser [mm]	Vorschub [mm/U]			
	min.–max.	Startwert	min.–max.	Startwert
7,5–12,0	0,10–0,16	0,13	0,08–0,14	0,11
12,01–20,0	0,15–0,23	0,20	0,12–0,20	0,15
20,01–25,0	0,18–0,27	0,22	0,14–0,22	0,17
25,01–30,0	0,20–0,30	0,24	0,16–0,25	0,19

Überlange Bohrungen bis zu über 50 x D können auch auf Bearbeitungszentren mit IKZ sehr produktiv hergestellt werden, wenn man VHM-Bohrer mit spezieller Geometrie verwendet. Typische Schnittwerte zeigt die nachstehende Tabelle.



Werkstoff	Härte	Drn. d [mm]	Tiefe l [mm]	rel. Tiefe l/d	Schnittdaten			Kühlung Emulsion
					v _c [m/min]	f [mm]	v _f [mm/min]	
Toolox® 33	300 HB	5	10	20	50	0,15	477	IK, p=20 bar
Toolox® 44	45 HRc	5	100	20	36	0,15	344	IK, p=20 bar

Werksangaben Titex



WebShop: www.stahlnetz.de

Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER RECKNAGEL
Präzision in Stahl

Tiefbohren in Toolox® stellt eine besondere Herausforderung dar, die der renommierte Hersteller Botek mit einer besonderen Schneidengeometrie beherrschbar macht und wirtschaftlich löst. Die Einlippen-Vollbohrwerkzeuge Typ 110 mit Sondergeometrie für Durchmesser bis 12,0mm sowie Einlippen-Tiefbohrwerkzeuge Typ 01 mit wechselbaren Schneidplatten und Führungsleisten in Sonderausführung ab Durchmesser 12,0mm haben sich als hervorragende Lösung bewährt.

Toolox® 33	Bohr-Ø	3	4	5	6	7-8	9-10	11-12	>12
	Schnittgeschwindigkeit [m/min]	50	50	50	50	40-50	40-50	40-50	40-50
Vorschub [mm/U]	0,005	0,01	0,015	0,0175	0,02	0,03	0,04	0,1	
Kühlschmierstoffdruck [bar]	100	100	100	90	80	70	60	40	
Anbohr-Strecke [mm]	40	40	50	60	60	70	70	70	
Anbohr-Vorschub [mm/U]	0,0025	0,005	0,0075	0,009	0,01	0,015	0,02	0,05	

Werksangaben Botek

Erreichbarer Standweg mit Öl: ca. 10–12 Meter bei optimalen Prozessbedingungen

Toolox® 44	Bohr-Ø	3	4	5	6	7	8	9-10	11-12	>12
	Schnittgeschwindigkeit [m/min]	50	50	50	50	40-50	40-50	40-50	40-50	40-50
Vorschub [mm/U]	0,005	0,01	0,012	0,015	0,015	0,0175	0,02	0,03	0,07	0,07
Kühlschmierstoffdruck [bar]	100	100	100	90	90	80	70	60	40	
Anbohr-Strecke [mm]	40	40	50	50	60	60	70	70	70	
Anbohr-Vorschub [mm/U]	0,0025	0,005	0,006	0,0075	0,0075	0,009	0,01	0,015	0,035	

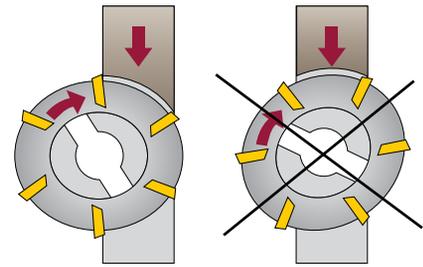
Werksangaben Botek

Erreichbarer Standweg mit Öl: ca. 2–3 Meter bei optimalen Prozessbedingungen

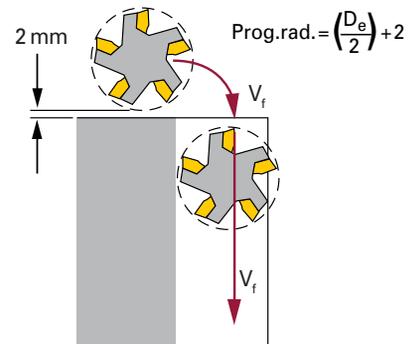
Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte
Fa. Botek (www.botek.de) und beziehen sich gerne auf uns.

Fräsen

Toolox® ist aufgrund äußerst geringer Eigenspannungen besonders verzugsarm, wenn man mit optimalen Parametern zerspannt und keine unnötige Wärme ins Werkstück bringt. Lange Standzeiten erreicht man durch geschickte Frässtrategie und stabile Aufspannung sowie stets hinreichende Spandicke. Toolox hat eine besondere Gefügestruktur, die die Bearbeitung trotz der hohen Härte erleichtert. Karbide sind sehr harte und verschleißbeständige Gefügebestandteile. Deren mikroskopisch feine, kugelige Form im Toolox-Gefüge vermeidet die bei anderen Werkzeugstählen typische Schneidenschädigung. Ein hinreichend hoher Zahnvorschub sichert das Abtragen der Karbide gemeinsam mit dem Span, ein zu geringer Vorschub würde dagegen zu intensivem Abrasivverschleiß an der Schneide führen. Scharfe Schneiden mit positiver Geometrie sind optimal für Toolox. Wählen Sie Werkzeuge für die Bearbeitung hochvergüteter Stähle. Werkzeuge für die Hartbearbeitung (bis 60 HRC) sind ungeeignet, deren Schneiden haben meist negative Spanwinkel.

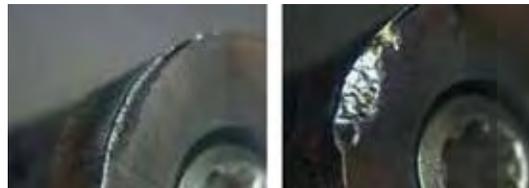


Einführen in das Schneideverfahren per "Roll-In" Verfahren



Einfahrt per „Roll-In“ Verfahren
Verschleiß nach 800 Bearbeitungsgängen

Gerade Einfahrt ins Werkstück
Verschleiß nach 390 Bearbeitungsgängen



Planfräsen

Unterbrochene Schnitte fräsen sich besser mit runden Wendeplatten. Besonders hohe Produktivität erreicht man mit HPC-Werkzeugen. Auch Eckmesserköpfe sind für Toolox® geeignet.

Empfehlung für 45°-Fräser

	Toolox® 33		Toolox® 44	
	min.-max.	Startwert	min.-max.	Startwert
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	180–220		120–160	
Vorschub: fz [mm/Zahn]	0,15–0,35	0,25	0,15–0,35	0,25
Wendeplattengüte P30	0,15–0,35	0,25	0,15–0,35	0,25

Empfehlung für Planfräser mit runden Platten

	Toolox® 33		Toolox® 44	
	min.-max.	Startwert	min.-max.	Startwert
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	180–220		140–180	
Vorschub: fz [mm/Zahn]	0,10–0,25	0,15	0,10–0,25	0,15
Wendeplattengüte P30	0,10–0,25	0,15	0,10–0,25	0,15

Empfehlung für Eckfräser / Eckmesserköpfe

	Toolox® 33		Toolox® 44	
	min.-max.	Startwert	min.-max.	Startwert
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	180–220		120–160	
Vorschub: fz [mm/Zahn]	0,12–0,25	0,17	0,12–0,25	0,17
Wendeplattengüte P30	0,12–0,25	0,17	0,12–0,25	0,17

Schnittwerte für HPC-Kopier- und Planfräser

Werkstoffgruppe	Werkstoffbezeichnung	Festigkeit N/mm2	Kopierfräsen								Tauch- /Bohrzirkularfräsen							
			Trockenbearbeitung				Nassbearbeitung				Trockenbearbeitung				Nassbearbeitung			
			Schneidstoff 1. Wahl	Vc [m/min]			Schneidstoff 1. Wahl	Vc [m/min]			Schneidstoff 1. Wahl	Vc [m/min]			Schneidstoff 1. Wahl	Vc [m/min]		
				min	Start	max		min	Start	max		min	Start	max		min	Start	max
8.2	Toolox® 33 Werkzeugstähle	900–1100	F25M	120	140	160	F25M	110	130	150	F25M	80	90	100	F25M	70	85	100
10.0	Toolox® 44 gehärtete Stähle	41–47 HRC	F15M	120	160	200	-	-	-	-	F15M	80	105	130	-	-	-	-

Werkangaben Hoffmann

Schaftfräsen

Beim Schlitzfräsen hat sich eine Tiefenzustellung a_p von $0,5 \times D$ bewährt, hinreichender Spanraum sollte vorhanden sein. Schaftfräsen bis hin zum Trochoidalfräsen ist mit a_p in voller Schneidenlänge und a_e von ca. $0,1 \times D$ sehr produktiv. Trockenfräsen mit Druckluftkühlung zur Abfuhr von Spänen vermeidet Thermoschock und Überlast infolge eingezogener Späne.

Gewinde

Beide Toolox®-Werkstoffe können mit **Maschinengewindebohrern** bearbeitet werden. Erfahrene Schlosser bohren das Kernloch etwas größer. Besonders bewährt haben sich Schneidpaste, Schneidöl oder eine fettere Emulsion.

Gewindefräsen ist ein produktives Verfahren für hohe Fertigungssicherheit, auch bei sehr kleinen Durchmessern und gerade dort, wo Gewindefräsen schwierig ist.

Flachsenken sowie Kegelsenken sind mit Wendeplattenwerkzeugen problemlos auf Bearbeitungszentren möglich. Für weniger stabile Maschinen haben sich Senker mit mitlaufenden Führungszapfen bewährt.

	Toolox® 33	Toolox® 44
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	7–10	3–5
Größe	Drehzahl [1/min]	
M5	445–635	190–320
M6	370–530	160–265
M8	270–400	120–200
M10	220–320	95–160
M12	185–265	80–130
M16	140–200	60–100
M20	110–160	45–80

	Toolox® 33	Toolox® 44
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	80–110	50–70
Vorschub: f_z [mm/Zahn]	0,03–0,06	0,02–0,05

	Toolox® 33	Toolox® 44
Schnittgeschwindigkeit: v [m/min]	0,10–0,20	0,10–0,20
Durchmesser [mm]	Drehzahl [1/min]	
19	670–1340	335–840
24	530–1060	265–665
34	375–750	185–470
42	300–600	150–380
57	225–440	110–280



Polieren von Toolox®



1. Feinschliff mit einem groben Schleifmittel (z.B. Korngröße 120). Alle Spuren der Verarbeitung oder des Erodierens werden hierbei komplett abgeschliffen. Vorzugsweise sollte hierbei die flache Seite des Schleifmittels zum Einsatz kommen. Variieren Sie die Schleifrichtung in X-Form, um eine absolut flache Oberfläche zu erzielen, Ihre Arbeit effizienter zu gestalten und gleichzeitig Zeit zu sparen.
2. Feinschliff wie in Schritt 1, jedoch mit einer feineren Korngröße wie z.B. 320. Alle nach dem vorherigen Schliff noch verbliebenen Spuren werden hierbei komplett beseitigt.
3. Grobpolierung mit Diamantpaste auf einem Stück Messing. Korngröße $45 \mu\text{m}$. Diese Grobpolierung wird durchgeführt bis alle verbliebenen Spuren und Kratzer des vorangegangenen Arbeitsschritts (Schritt 2) gänzlich beseitigt sind.
4. Vorgehensweise wie in Schritt 3, jedoch mit $15 \mu\text{m}$ Diamantpaste bis alle nach Schritt 3 noch vorhandenen Spuren verschwunden sind.
5. In diesem Schritt gehen Sie vor wie in Schritt 4, verwenden jetzt aber eine Diamantpaste mit $7 \mu\text{m}$. Auch dieser Schritt wird fortgesetzt, bis alle aus Schritt 4 verbliebenen Spuren entfernt sind.
6. Polieren Sie mit Diamantpaste ($7 \mu\text{m}$) auf einem Faser- oder Plastikelement. Fahren Sie fort bis die letzten aus Schritt 5 noch verbliebenen Unebenheiten beseitigt sind.
7. Gehen Sie jetzt vor wie in Schritt 6, verwenden Sie jedoch anstelle von $7 \mu\text{m}$ -Paste eine Diamantpaste mit lediglich $3 \mu\text{m}$. Fahren Sie fort bis die letzten aus Schritt 6 verbliebenen Nuancen von Unebenheiten beseitigt sind. (Wir wählen hier das Wort „Nuance“, da bis jetzt die Oberfläche bereits so eben und fein ist, dass man eigentlich von keinerlei für das bloße Auge noch erkennbare Kratzersprechen kann.)
8. Polierung mit $3 \mu\text{m}$ Diamantpaste auf einem Stück Filz bis alle aus dem vorangegangenen Schritt noch vorhandenen Nuancen entfernt sind.
9. Als abschließenden Schritt polieren Sie jetzt mit Diamantpaste der Korngröße $3 \mu\text{m}$ und Watte. Dieses ist Handarbeit und hierbei wird der endgültige Glanz erzielt. Fahren Sie fort bis die gesamte Oberfläche einen einheitlichen Glanz aufweist.



Schweißen von Toolox®

Toolox® ist unter Beachtung der nachstehenden Hinweise gut schweißbar. Das Kohlenstoffäquivalent ist für

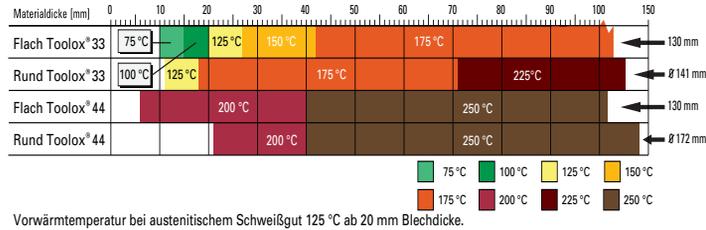
Toolox® 33 CE_{IIW} 0,62–0,71 / CET 0,4–0,44 und für

Toolox® 44 CE_{IIW} 0,92–0,96 / CET 0,55–0,57.

Geeignet für das Schweißen ohne Vorwärmung sind austenitische Schweißzusätze AWS 307 oder AWS 309. Es ergibt sich eine Festigkeit von ca. $R_{p0,2} = 500$ MPa in der Naht. Unlegierte oder niedrig legierte Schweißzusätze ergeben Festigkeiten bis ca. $R_{p0,2} = 930$ MPa und gute Zähigkeit. Zur Auswahl der Schweißzusätze siehe auch Seite 84.

1. Wärmen Sie beide Seiten der Schweißfuge vor, und zwar etwa 100–150mm auf jeder Seite. Die Vorwärmtemperatur sollte in der Mitte des Bleches erreicht werden. Behalten Sie die Vorwärmtemperatur während des gesamten Schweißvorgangs bei, insbesondere beim Heftschweißen.

Mindest-Vorwärmtemperatur für unlegierte und niedrig legierte Schweißzusätze



Vorwärmtemperatur bei austenitischem Schweißgut 125 °C ab 20 mm Blechdicke.

2. Verwenden Sie möglichst weiche oder rostfreie Elektroden. Die Elektroden müssen trocken sein. Der maximal zulässige Wasser-

stoffgehalt beträgt 5ml/100g Schweißgut. Um eine optimale Texturbildungsqualität zu erzielen, sollte das Schweißen unter Anwendung des WIG-Verfahrens mit einem Zusatzdraht mit derselben chemischen Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff durchgeführt werden.

Die einfachste Methode besteht dann darin, eine Stange von einem übrig gebliebenen Teil des Grundwerkstoffs abzusägen.

3. Schweißen Sie mit einer Wärmezufuhr, die einen $\Delta t_{8/5}$ Wert zwischen 10 und 20s ergibt.

4. Beim Schweißen sollte eine Zwischenlagentemperatur von höchstens ***170°C für Toolox® 33** ***225°C für Toolox® 44**

erreicht sein, bevor die nächste Lage geschweißt wird.

5. Führen Sie eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen im Bereich von etwa 100–150mm ab jeder Seite der Schweißnaht durch. Die Durchwärmzeit sollte 5min/mm Blechdicke oder mindestens 60 Minuten betragen. Normalerweise ist eine Durchwärmzeit von 2 Stunden ausreichend. Der Beginn der Durchwärmzeit ist der Zeitpunkt, zu dem die Temperatur im gesamten Anlassvolumen erreicht ist.

* Die Wärmebehandlung nach dem Schweißen sollte mit einer Temperatur von 150–200°C durchgeführt werden, falls nur geringe Anforderungen hinsichtlich der Formstabilität gestellt werden.

* Die Wärmebehandlung nach dem Schweißen sollte mit einer Temperatur von 560–580°C durchgeführt werden, falls hohe Anforderungen hinsichtlich der Formstabilität gestellt werden und der Einfluss der Schweißnaht auf das Texturbildungsergebnis minimiert werden soll.

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



TOOLOX® 33 / TOOLOX® 44

Anwendungsbeispiele



Toolox® wurde ursprünglich als Kunststoff-Formenstahl entwickelt, bald schon erwies dieser Werkstoff sich als außerordentlich geeignet für eine Vielzahl von weiteren Anwendungen.



Kunststoffformen aus Toolox® sind verschleißfest, die feine Gefügestruktur macht Toolox® sicher polierbar und fotoätzbar. Dabei ist Toolox® gleichwohl sehr gut bearbeitbar aufgrund des Gefüges mit kugelligen Karbiden. Auf den Zusatz von Schwefel, der Zähigkeit und Polierbarkeit beeinträchtigen würde, kann somit vollständig verzichtet werden.

74 WebShop:
www.stahlnetz.de

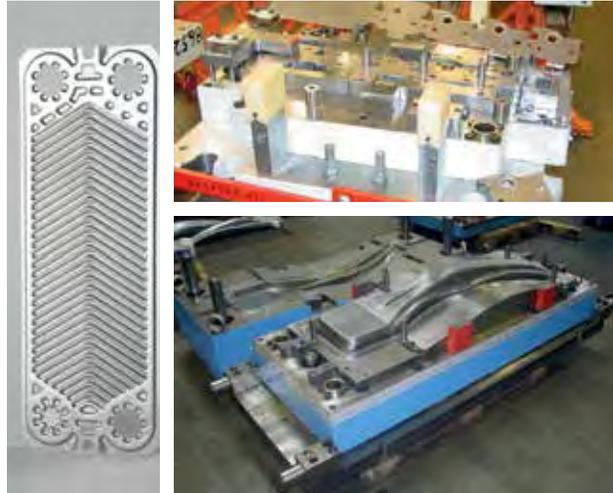


Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



Stanz- und Biegewerkzeuge sowie Umformwerkzeuge profitieren von der hohen Grundhärte des Toolox® 44. Mit einer Härte von ca. 45HRC ist Toolox® besonders druckfest und verschleißbeständig als Biegewerkzeug. Die hohe Zähigkeit ermöglicht bruchfreie Belastung auch in ungünstigen Konstruktionen. Darüber hinaus findet man Toolox® in Druckplatten und Schieberführungen. **Maschinenmesser** aus Toolox® schneiden hochfeste Bleche im Stahlwerk.

Hydroformwerkzeuge setzen hohe Festigkeit, Zähigkeit und Bearbeitbarkeit voraus. Hier spielt Toolox® 44 seine Vorteile voll aus.



Die hohe Anlasstemperatur ermöglicht vielfältige Warmanwendungen. So werden Schieber- und Formbauteile in **Aluminium-Druckgusswerkzeugen** aus Toolox® 44 gefertigt. Selbst bei rauesten Bedingungen beim Entfernen von Ofenschlacke in Stahlwerken oder Aluminiumschmelzen trotz Toolox® länger als herkömmliche Verschleißstähle. Dabei kommt der guten Schweißbarkeit besondere Bedeutung bei.



WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

75

Hochfeste und verschleißbeständige Maschinenteile aller Art fertigt man aus Toolox®, wenn es auf höchste Präzision ankommt.

Die hohe Härte sorgt bereits für sehr gute Verschleißfestigkeit ohne zusätzliche Wärmebehandlung. Das zahlt sich bei **Vorrichtungen** aus, die ohne Wärmebehandlung direkt aus dem Halbzeug gefertigt und sofort verwendet werden.

Die außerordentlich geringen Eigenspannungen des Werkstoffs werden durch die hohe Anlasstemperatur von mindestens 590°C gewährleistet, die wie ein Spannungsarmglühen wirkt. Bei uns wird Toolox® zudem ausschließlich kalt verarbeitet, Wärmespannungen und Härteverluste durch Brenn- oder Plasmaschneiden kommen bei uns nicht vor. Problemlose Einhaltung von Formtoleranzen sind der Grund, warum viele Bearbeiter sich auf Toolox® verlassen.

Höchste Anforderungen an die Dauerpräzision erreicht man mit dem **Nitrieren der Oberfläche**. Toolox® verliert nicht an Kernhärte bei der Nitrierbehandlung, gewinnt jedoch an Abriebfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit.



WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

76

Toolox
33

Toolox
44

Toolox
33

Toolox
44

Gehärteter, besonders verschleißfester Stahl für vielfältige Anwendungen im Maschinenbau. Ursprünglich entwickelt für Verschleißteile im Bergbau bietet Hardox® 450 auch für Präzisionsteile vielfältige Verwendungsmöglichkeiten.

Hardox® 450 kann durch Biegen umgeformt werden und lässt sich problemlos schweißen.

Gebrüder Recknagel ist als Hardox®-Wearparts-Center offizieller Vertriebs- und Servicepartner des schwedischen Herstellers SSAB.

Farbkennzeichnung:

Grau / Orange (Hardox® 450)



HARDOX® 450	77
Rohmaterial	78
Werkstoffblatt	79
Biegen	80
Härtevergleichstabelle für Toolox® und Hardox®	65
Schweißen von Hardox®	84
Thermisches Trennen	89

WebShop:  www.stahlnetz.de Telefon: +49 (0) 3 68 44 / 4 80 - 0 • Telefax: +49 (0) 3 68 44 / 4 80 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER RECKNAGEL®
Präzision in Stahl  **77**

Rohmaterial
Bleche (Quartblech, warmgewalzt) oder
Bandstahlblech (kaltgewalzt oder warmgewalzt)
und Zuschnitte daraus.

	<i>Dickenbereiche [mm]</i>				
	<i>0,7-2,1</i>	<i>2,0-8,0</i>	<i>3,2-80,0</i>	<i>80,1-103,0</i>	<i>103,1-130,0</i>
Härte	425-485 HV	425-475 HBW	425-475 HBW	410-475 HBW	390-475 HBW
Herstellung	Kaltband	Warmband	Quartblech	Quartblech	Quartblech



		C ^(*)	Si ^(*)	Mn ^(*)	P ^(*)	S ^(*)	Cr ^(*)	Ni ^(*)	Mo ^(*)	B ^(*)
Kaltband	max.	0,18	0,25	1,30	0,015	0,004	0,10	0,10	0,04	0,003
Warmband & Quarteblech	max.	0,26	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,50	0,60	0,005

Der Stahl ist ein Feinkornstahl. *) Vorgesehene Legierungselemente.

Werkstoffblatt

Hardox® 450 ist ein gehärteter Verschleißstahl für vielfältige Anwendungen. Er kann durch Biegen umgeformt werden und lässt sich problemlos schweißen.

Härte (Garantierter Wert) HBW 425–475 (Quarteblech 3,2 – 80,0 mm Dicke, weitere Dicken siehe Tabelle Seite 78)

Kerbschlagarbeit (Garantierter Wert) Prüftemperatur -40°C Kerbschlagarbeit Charpy-V in Längsrichtung mindestens 50 J

Streckgrenze (Typischer Wert, nicht garantiert) ca. 1.250 MPa

Lieferzustand Gehärtet und angelassen

Wärmebehandlung Hardox® 450 ist für weitere Wärmebehandlung nicht vorgesehen. Die Eigenschaften können nicht aufrecht erhalten werden, wenn der Stahl Temperaturen über 250°C ausgesetzt wird. Hinweis: Für Anwendungen bei höheren Temperaturen bis zu 590°C empfehlen wir Toolox® 44.

Oberflächen Gemäß EN 10163-2 Klasse A, Unterklasse 1



HARDOX® 450

HARDOX® WEAR PLATE

Ebenheit Toleranzen gemäß Hardox® Ebenheitsgarantie Klasse D für Quarteblech, strikter als EN 10029. Für Warmband gemäß Hardox® Ebenheitsgarantie Klasse A, enger als EN 10051, für Kaltband gemäß Hardox® Ebenheitsgarantie Klasse B.

	Dickenbereiche [mm]						
	0,7–2,1	2,0–8,0	3,2–3,9	4,0–4,9	5,0–5,9	6,0–19,9	20,0–130,0
Warmband Klasse A	3mm						
Kaltband Klasse B	6mm						
Quarteblech Klasse D			15mm	7mm	5mm	4mm	3mm

Angegeben ist jeweils die Ebenheit, gemessen in mm an einem 1-m-Lineal.

Hinweis: Toolox® 44-Quartebleche erfüllen engere Ebenheitsanforderungen für Dicken von 5,0–7,9mm = 4mm/1.000mm, 8mm/2.000mm und 8,0–99,9mm = 3mm/1.000mm, 6mm/2.000mm

Schweißbarkeit

	Kohlenstoffäquivalent CET (CEV)							
Dicke	Kaltband 0,7–2,1	Warmband 2,0–8,0	Blech 3,2–4,9	Blech 5,0–9,9	Quarteblech 10,0–19,9	Quarteblech 20,0–39,9	Quarteblech 40,0–80,0	Quarteblech 80,1–130,0
Max.	0,33 (0,44)	0,35 (0,48)	0,37 (0,48)	0,38 (0,49)	0,39 (0,52)	0,41 (0,60)	0,43 (0,74)	0,41 (0,67)
Typ.	0,31 (0,39)	0,26 (0,39)	0,29 (0,39)	0,33 (0,45)	0,36 (0,48)	0,38 (0,56)	0,38 (0,61)	0,39 (0,64)

(Bitte Hinweise ab Seite 84 beachten)

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \qquad CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$$

Biegen Die Biegebarkeit für Quarteblech entspricht der Hardox® Biegegarantie Klasse E. Bandblech entspricht der Hardox® Biegegarantie Klasse C für Kaltband und Klasse B für Warmband. Die Garantien entsprechen mindestens DIN EN 10025-6 und EN ISO 7438. Genannt ist das Verhältnis Biegewerkzeugradius/Blechdicke.

	Dickenbereiche [mm]					
	0,7–2,9	2,0–3,9	4,0–7,9	8,0–14,9	15,0–19,9	≥20,0
Warmband Klasse B		13,0 4,0	13,0 3,5			
Kaltband Klasse C	14,0 4,0					
Quarteblech Klasse E		13,0 4,5	13,0 3,5	13,5 4,5	13,5 4,5	14,5 5,0

Hardox® 600 ist der extraharte und zähe Stahl bei extremem Verschleiß. Bei einer Nennhärte von 600 HBW hat Hardox® 600 eine einzigartige Kerbschlagzähigkeit. Er kann immer noch geschweißt und thermisch geschnitten werden, die perfekte Wahl.

Jetzt ist Hardox® 600 auch für den Werkzeugbau und für den allgemeinen Maschinenbau verfügbar, etwa für Ausgleichs- oder Druckplatten sowie natürlich für Verschleißplatten.

Gebrüder Recknagel ist als Hardox®-Wearparts-Center offizieller Vertriebs- und Servicepartner des schwedischen Herstellers SSAB.

Farbkennzeichnung:

Grau / Blau (Hardox® 600)



HARDOX® 600	81
PräziPlan® – gehärtete Platten	82
Rohmaterial	82
Werkstoffblatt	83
Härtevergleichstabelle für Toolox® und Hardox®	65
Schweißen von Hardox®	84
Thermisches Trennen	89

WebShop:  www.stahlnetz.de

Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



81

HARDOX® 600

PräziPlan® – gehärtete Platten
(nach DIN 59350)

Ausführung:

gehärtet auf 570–640 HBW (54–57 HRC),
Dicke geschliffen mit $R_a = 6 \mu m$,
Breite und Länge mit Wasserstrahl oder Laser
geschnitten

Toleranzen:

Breite: +10,00 / -0mm
Dicke: +0,05 / -0mm
Länge: +10,00 / -0mm

Gehärtete Platten: 250x500mm

Preise [€/Stück]

	Dicke [mm]													
	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	12,2	14,2
	80	81	87	91	99	102	118	121	123	142	179	185	193	198

Gehärtete Platten: 500x1.000mm

Preise [€/Stück]

	Dicke [mm]													
	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	12,2	14,2
	512	519	522	546	594	612	638	654	665	767	931	962	965	990



Rohmaterial

**Bleche, warmgewalzt (Quartoblech),
gehärtet und Zuschnitte daraus.**

	Dickenbereiche [mm]	
	6–51	51,1–65,0
Härte [HBW]	570–640	550–640

WebShop:  www.stahlnetz.de

Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



82

	C ^{*)}	Si ^{*)}	Mn ^{*)}	P ^{*)}	S ^{*)}	Cr ^{*)}	Ni ^{*)}	Mo ^{*)}	B ^{*)}
max.	0,47	0,70	1,40	0,015	0,01	1,20	2,50	0,70	0,005

Der Stahl ist ein Feinkornstahl. *) Vorgesehene Legierungselemente.

Hardox® 600 ist ein extraharter und zäher Verschleißstahl für extreme Verschleißbedingungen.

Härte (Garantierter Wert) HBW 570–640 (Dicken über 51 mm: 550–640 HBW). Die Bleche sind bis auf 90% der garantierten Mindest-Oberflächenhärte durchgehärtet.

Wärmebehandlung Hardox® 600 ist für weitere Wärmebehandlung nicht vorgesehen. Die im Lieferzustand vorhandenen Eigenschaften können nicht aufrecht erhalten werden, wenn der Stahl Temperaturen über 250°C ausgesetzt wird.

Lieferzustand Gehärtet und angelassen

Oberflächen Gemäß EN 10163-2 Klasse A, Unterklasse 1

Ebenheit Toleranzen gemäß Hardox®-Ebenheitsgarantien Klasse E, diese sind strikter als die Toleranzen nach DIN EN 10029 Klasse N.

	Dickenbereiche [mm]			
	6,0–7,9	8,0–24,9	25,0–39,9	40,0–65,0
Klasse E	11 mm	10 mm	9 mm	8 mm

Angegeben ist jeweils die Ebenheit, gemessen in mm an einem 1-m-Lineal.

Schweißbarkeit

(Bitte Hinweise ab Seite 82 beachten)

	Kohlenstoffäquivalent CET [CEV]	
Dicke	6,0–35,0	35,1–65,0
Max.	0,57 (0,69)	0,61 (0,87)
Typ.	0,55 (0,66)	0,59 (0,85)

$$CET = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \quad CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$$

WebShop: www.stahlnetz.de

Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

BEGRÜDER RECKNAGEL
Präzision in Stahl

83

HARDOX® 450 / HARDOX® 600

HARDOX®
WEAR PLATE

Schweißhinweise

Hardox® verbindet einzigartige Verschleißfestigkeit mit hervorragender Schweißbarkeit. Alle üblichen Schweißverfahren können für Verbindungen von Hardox® mit schweißbaren Stählen verwendet werden.

Für beste Schweißergebnisse achten Sie auf Trockenheit, Sauberkeit und Korrosionsfreiheit. Besonderes Augenmerk richten Sie auf die Auswahl des Schweißgutes, Temperaturen, Wärmeeintrag und die Fugengeometrie.

Niedriglegierte oder unlegierte Schweißwerkstoffe mit einer Zugfestigkeit von 500 MPa sind für Hardox® und Toolox® verwendbar. Hardox® 450 in Dicken von 0,7–6,0 mm erlauben Werkstoffe mit Festigkeiten von 900 MPa. Niedrig legierte Werkstoffe ergeben eine höhere Härte, was die Verschleißfestigkeit begünstigt. Wenn die Verschleißfestigkeit der Schweißnaht ausschlaggebend ist, so kann man an das Aufschweißen einer Verschleißschicht denken.

Rostfreie Schweißzusätze können für alle Hardox®-Stähle verwendet werden, für Toolox® 44 sollten diese bevorzugt werden. Sie erlauben das Schweißen bei 5–20°C ohne Vorwärmung, außer bei Hardox® 600 und Hardox® Extreme. SSAB empfiehlt die folgenden Werkstoffe, die eine Streckgrenze von 500 MPa ergeben.

Schweißverfahren	DIN EN ISO-Einteilung
MAG/Massivelektrode	EN ISO 14341-A- G 38x EN ISO 14341-A- G 42x
MAG/Fülldrahtelektrode	EN ISO 17632-A- T 42xH5 EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/Metallpuler-Fülldrahtelektrode	EN ISO 17632-A- T 42xH5 EN ISO 17632-A- T 46xH5
MMA/Stabelektrode	EN ISO 2560-A E 42xH5 EN ISO 2560-A E 46xH5
UP Unter-Pulver-Schweißen	EN ISO 14171-A- S 42x EN ISO 14171-A- S 46x
WIG	EN ISO 636-A- W 42x EN ISO 636-A- W 46x

niedrig- oder unlegierte Zusätze

Schweißverfahren	DIN EN ISO-Einteilung
MAG/Massivelektrode	EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307
MAG/Fülldrahtelektrode	EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307
MAG/Metallpuler-Fülldrahtelektrode	EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307
MMA/Stabelektrode	EN ISO 3581-A: 18 8 Mn/ EN ISO 3581-B: 307
UP Unter-Pulver-Schweißen	EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307
WIG	EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307

austenitische Zusätze

WebShop: www.stahlnetz.de

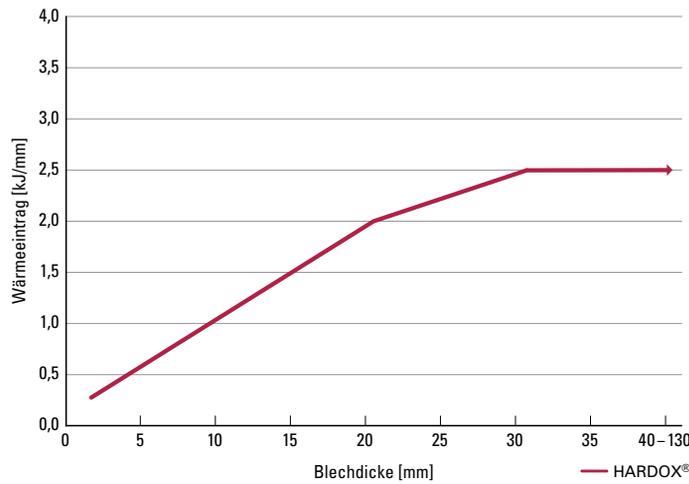
Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de

BEGRÜDER RECKNAGEL
Präzision in Stahl

Als Schutzgas verwendet man beim Hardox®-Schweißen grundsätzlich die selben Gase wie beim Schweißen niedrig- oder unlegierter Stähle.

Empfehlender Wärmeeintrag max.

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \text{ kJ/mm}$$



Der Streckenenergie-Wärmeeintrag ist bei den verschiedenen Verfahren unterschiedlich. Die thermische Effizienz k beim MAG-Schweißen und MMA-Schweißen beträgt etwa 0,8, beim UP-Schweißen ca. 1,0 sowie beim WIG-Schweißen 0,6. Mit Spannung (U [V]), Strom (I [A]) und Vorschub (v [mm/min]) erhält man den Wärmeeintrag. Die Grafik zeigt die Empfehlungen für Höchstwerte. Ein sehr niedriger Eintrag mag negativen Einfluss auf die Kerbschlagzähigkeit die Schweißnaht haben, extrem hohe Werte bedeuten eine vergrößerte Wärmeeinflusszone, in der die mechanischen Werte verändert werden. Moderat niedrige Werte verbessern die Verschleißbeständigkeit, den Verzug, die Zähigkeit und die Festigkeit.



Wasserstoffgehalt

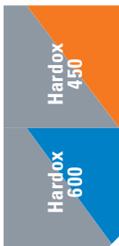
Die Gefahr der Wasserstoffversprödung ist wegen des niedrigen Kohlenstoffäquivalents geringer als bei anderen Verschleißstählen. Der Gefahr begegnet man zudem durch:

- Vorwärmen des Schweißbereichs
- Messung der Vorwärmtemperatur
- Verwendung von Schweißzusatzstoffen mit höchstens 5 ml Wasser/100g
- Freihalten der Schweißfuge von Rost, Fett, Öl und Kälte
- Anwenden eines geeigneten Schweißverfahrens
- Vermeidung eines Schweißspaltes über 3mm an der engsten Stelle der Schweißfuge

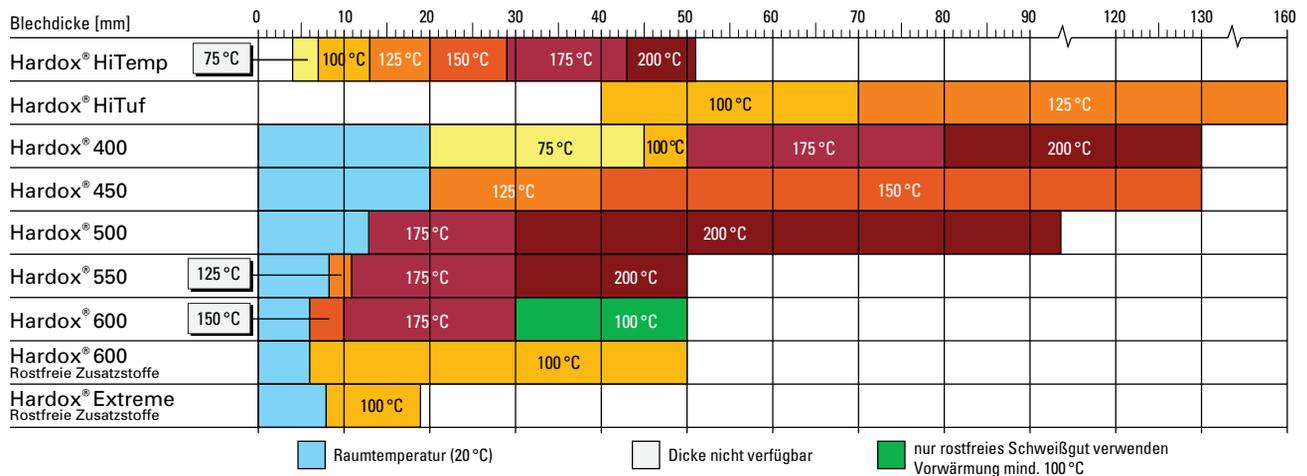
Vorwärmung

Vorwärmung ist äußerst wichtig für eine gute Schweißnaht. Die empfohlenen Vorwärmtemperaturen zeigt die nachfolgende Tabelle für niedrig- oder unlegierte Werkstoffe.

- Bitte beachten Sie:
- Für Bleche unterschiedlicher Dicke orientieren Sie sich am dickeren Blech.
 - Für unterschiedliche Blechwerkstoffe orientieren Sie sich an dem mit der höheren Vorwärmtemperatur.
 - Für Wärmeeintrag unter 1,7 kJ/mm erhöhen Sie die Temperatur um 25°C, unter 1,0 kJ/mm orientieren Sie sich bitte im WearCalc-Programm.
 - Bei niedrigen Außentemperaturen oder hoher Luftfeuchtigkeit erhöhen Sie die Temperatur um 25°C.
 - Bei DV- oder DY-Nähten legen Sie die erste Raupe außerhalb der Blechmitte an.



Empfohlene Mindest-Arbeitstemperatur



Die Höchsttemperaturen nach dem Schweißen einer Lage und vor Aufschweißen einer weiteren Lage sind:

Hardox® HiTemp	300 °C
Hardox® HiTuf	300 °C
Hardox® 400	225 °C
Hardox® 450	225 °C
Hardox® 500	225 °C
Hardox® 550	225 °C
Hardox® 600	225 °C
Hardox® Extreme	100 °C

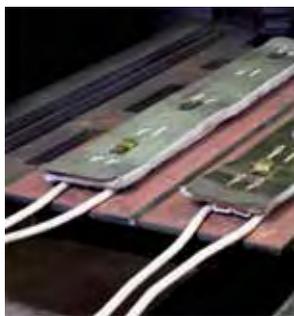
WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 3 68 44 / 4 80 - 0 • Telefax: +49 (0) 3 68 44 / 4 80 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

87



Verwendung von Heizmatten

Elektrische Vorwärmung hat sich bewährt.
Es ist praktisch, die Temperatur an der Rückseite zu messen.
Dabei empfiehlt sich, etwa 2 min/25 mm Blechdicke abzuwarten.
Die Temperatur sollte ca. 75–150 mm beidseitig der Schweißfuge erreicht sein.

Grundierte Bleche

Durch den geringen Zinkgehalt kann direkt auf der Hardox®-Grundierung geschweißt werden, gleichwohl ist es vorteilhaft, die Grundierung mit der Drahtbürste zu entfernen, um Porositäten zu vermeiden. Gute Belüftung ist wichtig für die Gesundheit des Schweißers und der Personen in der Nähe.

Wärmebehandlung

Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist nicht vorgesehen, um die mechanischen Eigenschaften von Hardox® zu erhalten.

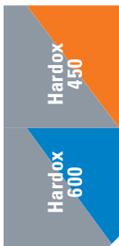
WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 3 68 44 / 4 80 - 0 • Telefax: +49 (0) 3 68 44 / 4 80 - 55 • grp@stahlnetz.de

GEBRÜDER
RECKNAGEL
Präzision in Stahl

88



Thermisches Trennen von Hardox®

Hardox®-Werkstoffe sind besonders reine Stähle, ihr niedriger Legierungsgehalt bewirkt, dass diese leicht thermisch zu trennen sind. Dabei kann man sowohl laserschneiden, plasmaschneiden als auch brennschneiden.

Toolox® hingegen sollte möglichst nur kalt getrennt werden, um das einzigartig spannungsarme Gefüge zu erhalten. In Frage kommen daher das Sägen, Wasserstrahlschneiden oder Scheren; das Laserschneiden ist auf recht dünne Bleche beschränkt.

Thermisches Trennen von Hardox® ist so einfach wie bei Baustählen. Lediglich bei dickeren Abmessungen sollte man Vorkehrungen treffen, um Kantenrisse zu vermeiden. In der Wärmeeinflusszone tritt naturgemäß ein Verlust an Härte dieser vergüteten Stähle ein.

Risse an Schneidkanten sind denen durch Wasserstoffversprödung ähnlich. Sie können zwischen 48h und einigen Wochen nach dem Schnitt auftreten, es handelt sich also um einen verzögerten Prozess. Das Risiko steigt mit Härte und Blechdicke, es kann mit den nachstehenden Vorkehrungen vermindert werden:

- Vorwärmung des Werkstückes
- Nachwärmung nach dem Schnitt
- reduzierter Vorschub beim Schnitt
- Kombination aus Vorwärmung, Nachwärmung, Vorschubreduzierung und langsame Abkühlung der Wärmeeinflusszone.

Bei allen Arten des Laserschneidens sowie beim Plasmaschneiden unter Stickstoff wird Vorwärmung nicht empfohlen, da diese negativen Einfluss auf die Schnittqualität haben könnte. Die Vorwärmung beim Brennschneiden und Plasmaschneiden mit Sauerstoff empfiehlt sich im Ofen, mit Schweißflamme oder elektrischen Wärmematten durchzuführen. Ofenerwärmung ist vorzuziehen, sie ergibt gleichmäßige Temperaturen des gesamten Bleches. Die Abbildung zeigt die Vorwärmung mit Flamme. Dabei achte man darauf, dass die Flammen stets in Bewegung bleiben, um das Blech nicht lokal zu überhitzen. Die Temperatur misst man vorzugsweise an der Rückseite. Bei Verwendung elektrischer Matten erwärmt man etwa über Nacht auf 150°–200°C und schneidet morgens.



WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



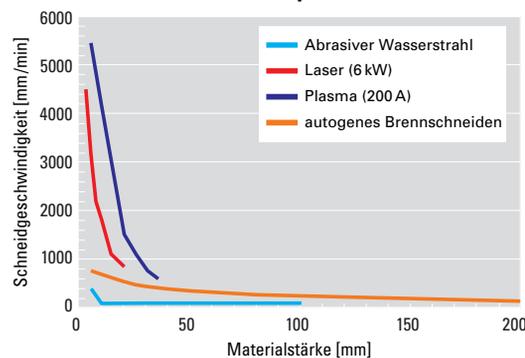
Nachwärmung ist ein zuverlässiges Verfahren zur Rissvermeidung, auch hier finden Ofen oder Flamme Verwendung. Dabei ist es wichtig, so bald wie möglich nachzuwärmen, mit höchstens 30 Minuten Wartezeit. Die Temperaturen in der unteren Tabelle sollten nicht überschritten werden. Die Nachwärmzeit im Ofen kann als Faustregel mit etwa 5 Minuten pro mm Blechdicke angenommen werden. Mit der Flamme sollten 700°C an der Schnittkante nicht überschritten werden, das entspricht einem recht dunklen Rot, bei höheren Temperaturen muss die Nachwärmung wiederholt werden.

Vorwärmtemperaturen für Brennschneiden der Hardox®-Typen

	Plattendicke [mm]	Vorheiztemperatur [°C]	
		min	max
Hardox® HiTemp	5–51	kein Vorwärmen	500
Hardox® HiTuf	<90	kein Vorwärmen	300
	≥90	100	
Hardox® 400	<45	kein Vorwärmen	225
	45–59,9	100	
	60–80	150	
	>80	175	
Hardox® 450	<40	kein Vorwärmen	225
	40–49,9	100	
	50–69,9	150	
	≥70	175	
Hardox® 500	<25	kein Vorwärmen	225
	25–49,9	100	
	50–59,9	150	
	≥60	175	
Hardox® 550	<20	kein Vorwärmen	200
	20–51	150	
	>51	175	
Hardox® 600	<12	kein Vorwärmen	180
	12–65	175	
Hardox® Extreme*	8–19	100	100

* SSAB empfiehlt Wasserstrahlschneiden. Wenn nur Brennschneiden verfügbar ist, folgen Sie den Empfehlungen in der Tabelle.

Schnittgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Materialstärke für unterschiedliche Schneidprozesse

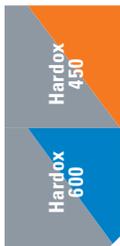


Bei niedriger Vorschubgeschwindigkeit wird die Wärmeeinflusszone größer, Restspannungen werden geringer, die Rissgefahr sinkt. Man bedenke, dass langsames Schneiden nicht so zuverlässig Risse vermeidet wie Vor- oder Nachwärmen. Die Geschwindigkeit in der oberen Abbildung sollte, abhängig von der Blechdicke, nicht überschritten werden.

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



Unabhängig davon, ob vorgewärmt wurde, reduziert langsame Abkühlung die Gefahr von Rissen. Hilfreich ist das enge Stapeln der Zuschnitte oder die Abdeckung mit Isoliermatten.

Brennschneiden ist auch bei sehr dicken Blechen möglich, der Druck des Schneidgases ist unabhängig von der Härte des Bleches. Die Schneidgeschwindigkeit sollte die Werte in der folgenden Tabelle nicht überschreiten.

Scharfe Ecken in der Schneidkontur begünstigen Risse, solche lassen sich am besten konstruktiv vermeiden. Das Abtrennen scharfer Ecken am Schneidrest hat sich bewährt, um das Restblech rissfrei zu halten.

		Maximale Schneidgeschwindigkeit für Brennschneiden ohne Vorwärmen [mm/min]							
		Hardox® HiTemp	Hardox® HiTuf	Hardox® 400	Hardox® 450	Hardox® 500	Hardox® 550	Hardox® 600	Hardox® Extreme
Maximale Plattendicke [mm]	12	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	**
	15	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	300	**
	20	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	200	**
	25	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	300	270	180	
	30	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	250	230	150	
	35	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	230	190	140	
	40	keine Beschränkung	keine Beschränkung	keine Beschränkung	230	200	160	130	
	45	keine Beschränkung	230	230	200	170	140	120	
	50	keine Beschränkung	210	210	180	150	130	110	
	60		200	200	170	140	*	*	
	70		190	190	160	135	*	*	
80		180	180	150	130				
>80		*	*	*	*				

* nur mit Vorwärmen möglich

Langsames Schneiden reicht nicht aus um Rissen beim Schneiden von Hardox® Extreme entgegenzuwirken.

** SSAB empfiehlt Wasserstrahlschneiden.

Wenn nur das Brennschneiden zur Verfügung steht, nutzen Sie das Vorwärmen und das Nachwärmen mit einem Brenner zusammen.

WebShop:
www.stahlnetz.de



Telefon: +49 (0) 368 44 / 480 - 0 • Telefax: +49 (0) 368 44 / 480 - 55 • grp@stahlnetz.de



Abbildung 1

Plasmaschneiden wird hauptsächlich bis 50mm Dicke angewandt, Abbildung 1 zeigt die Vorschübe. Hardox® 600 und Hardox® Extreme müssen vor- oder nachgewärmt werden.

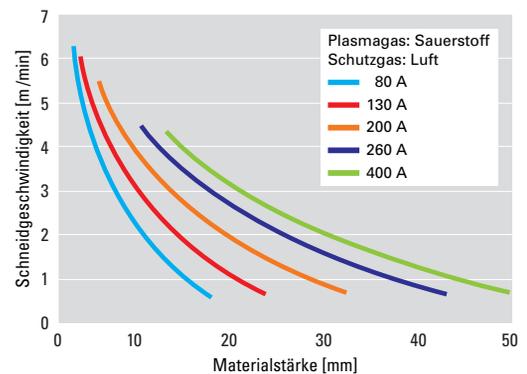


Abbildung 2

Laserschneiden ist bis etwa 25 mm üblich, Vorschübe zeigt die Abbildung 2. Vorwärmung ist nicht erforderlich, sie schadet eher in Hinblick auf die Schnittqualität. Hardox® wird grundiert geliefert, die Grundierung reduziert jedoch die Schnittgeschwindigkeit. Dem kann mit einem vorgelagerten „Verdampfungsschnitt“ begegnet werden.

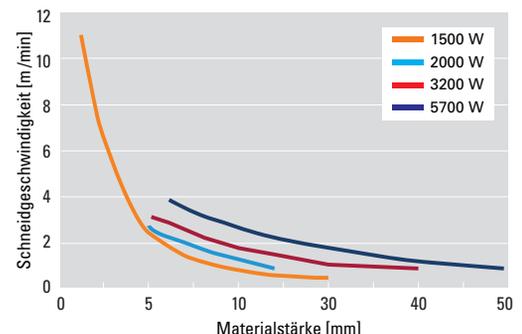
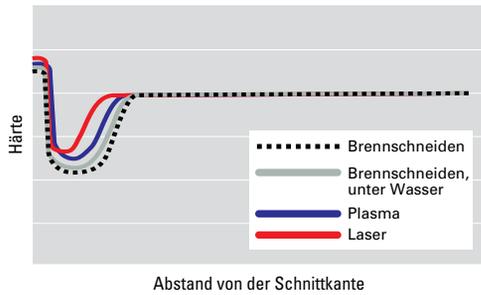


Abbildung 3



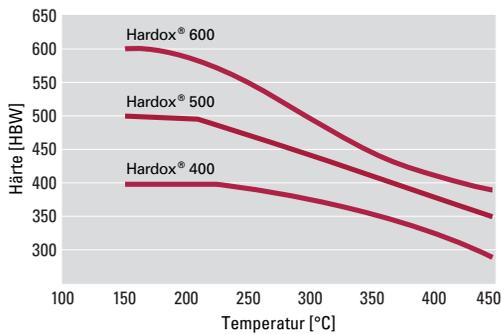
Der Eigenschaft der **Wärmeeinflusszone** hängt von

- der vorangegangenen Wärmebehandlung des Stahls,
- der Legierung sowie
- dem thermischen Einfluss des Schneidens ab.

Langsames Schneiden vergrößert die Einflusszone. Brennschneiden zeigt den größten Einfluss, gefolgt vom Plasmaschneiden, die geringste Wirkung zieht Laserschneiden nach sich.

Einen Überblick gibt Abbildung 3.

Abbildung 4



Ein **Härteverlust** stellt sich bei kleinen Werkstücken besonders leicht ein. Als Anhaltswert muss man bei Blechen über 30 mm Dicke von einem vollflächigen Härteverlust ausgehen, wenn Schneidkanten weniger als 200mm voneinander entfernt sind. Hier empfehlen sich kalte Schneidverfahren, notfalls ist Laserschneiden oder Plasmaschneiden der Vorzug vor dem Brennschneiden zu geben. Unterwasserschneiden reduziert den Härteverlust in der Wärmeeinflusszone, allerdings ist hier Vorwärmung nicht möglich. Daher sollte Nachwärmung und verringerter Vorschub erwogen werden. Abbildung 4 zeigt die Härte in Abhängigkeit von der Anlasstemperatur.

